

**IDENTIFICAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI EFFETTI  
DELL'EMISSIONE IN ARIA E CONFRONTO CON SQA PER LA  
PROPOSTA IMPIANTISTICA PER LA QUALE SI RICHIEDE  
L'AUTORIZZAZIONE**

**I N D I C E**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA .....</b>	<b>4</b>
2.1	QUADRO NORMATIVO.....	4
2.2	ANALISI DEI DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA DISPONIBILI.....	9
<b>3</b>	<b>VALUTAZIONE DELLA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA.....</b>	<b>22</b>
3.1	DOMINIO DI CALCOLO .....	23
3.2	DATI METEOROLOGICI UTILIZZATI.....	23
3.3	CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI.....	23
3.4	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	25
3.4.1	ISC3 .....	26
3.4.2	I codici MINERVE e SPRAY .....	28
3.5	FASE DI POST-PROCESSING.....	31
3.5.1	Formazione del biossido di azoto .....	31
3.5.2	Calcolo dei parametri statistici.....	34
3.6	ANALISI DEI RISULTATI E CONFRONTO CON I LIMITI DI LEGGE.....	34
3.7	APPROFONDIMENTO CON CODICE SPRAY.....	57
<b>4</b>	<b>CONFRONTO CON SQA .....</b>	<b>68</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>70</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUZIONE

Nel presente documento sono esaminati gli elementi che concorrono all'identificazione ed alla quantificazione degli effetti delle emissioni in aria dell'impianto, allo scopo di pervenire alla formulazione di un giudizio di valutazione dell'impatto sulla componente "Atmosfera" ed al confronto dei conseguenti livelli di inquinamento con gli Standard di Qualità Ambientale (SQA).

La proposta impiantistica oggetto di valutazione, nel seguito denominata "Situazione di riferimento", prevede l'esercizio di quattro sezioni, di cui le sezioni n. 1, 2 e 3 a ciclo combinato e la sezione 4 in ciclo tradizionale, alimentata a olio combustibile denso (OCD). La potenza elettrica lorda della Centrale è pari a circa 1.482 MW, a fronte di una potenza termica di circa 2.900 MW. In linea con quanto già effettuato in occasione di precedenti studi ambientali per la definizione dello scenario emissivo relativo alla centrale di Ostiglia è stato considerato anche il contributo della vicina centrale EDIPOWER di Sermide, distante circa 10 km.

Nel capitolo 2 viene presentato il quadro normativo vigente ed effettuata la caratterizzazione della zona dove l'impianto risulta ubicato, analizzando le informazioni disponibili relative allo stato della qualità dell'aria.

Nel capitolo 3 sono descritti i modelli di calcolo utilizzati, i dati di input ed i risultati ottenuti, che vengono analizzati con riferimento ai limite di legge.

Nel capitolo 4 si riporta il confronto degli effetti dell'impianto sulla componente "Atmosfera" con gli SQA unitamente ad un giudizio sul grado di soddisfazione da parte del gestore dell'impianto.

Seguono le osservazioni conclusive (capitolo 5) ed i riferimenti bibliografici (capitolo 6), che nel testo sono richiamati tra parentesi quadre "[ ]".

## 2 STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La qualità dell'aria nel comprensorio di interesse è il risultato della sovrapposizione dei contributi alle concentrazioni degli inquinanti al suolo derivanti dalle emissioni delle sorgenti presenti e dai processi di trasformazione e dispersione atmosferica cui tali emissioni vanno incontro. Questi processi incidono in misura diversa in relazione alle caratteristiche chimico-fisiche ed alla distribuzione spaziale delle sorgenti. Di seguito, si fornisce una caratterizzazione di massima dello stato della qualità dell'aria nel sito ove risulta ubicato l'impianto, premettendo una sintesi del quadro normativo vigente.

### 2.1 QUADRO NORMATIVO

I primi standard di qualità dell'aria sono stati definiti in Italia dal *DPCM 28/03/1983* relativamente ad alcuni parametri, modificati quindi dal *DPR 203 del 24/05/1988* che, recependo alcune Direttive Europee, ha introdotto oltre a nuovi valori limite, i valori guida, intesi come "obiettivi di qualità" cui le politiche di settore devono tendere.

Con il successivo *Decreto del Ministro dell'Ambiente del 15/04/1994* (aggiornato con il *Decreto del Ministro dell'Ambiente del 25/11/1994*) sono stati introdotti i *livelli di attenzione* (situazione di inquinamento atmosferico che, se persistente, determina il rischio che si raggiunga lo stato di allarme) ed i *livelli di allarme* (situazione di inquinamento atmosferico suscettibile di determinare una condizione di rischio ambientale e sanitario), valido per gli inquinanti in aree urbane. Tale decreto ha inoltre introdotto i valori obiettivo per alcuni nuovi inquinanti atmosferici non regolamentati con i precedenti decreti:  $PM_{10}$  (frazione inalabile delle particelle sospese), Benzene e IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici).

Il *D.Lgs 351 del 04/08/1999* ha recepito la *Direttiva 96/62/CEE* in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria, rimandando a decreti attuativi l'introduzione dei nuovi standard di qualità.

Infine il *D.M. 60 del 2 Aprile 2002* ha recepito rispettivamente la *Direttiva 1999/30/CE* concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle ed il piombo e la *Direttiva 2000/69/CE* relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio. Il decreto ha abrogato le disposizioni della normativa precedente relative a: biossido di zolfo, biossido d'azoto, alle particelle sospese, al  $PM_{10}$ , al piombo, al monossido di

carbonio ed al benzene, ma l'entrata in vigore dei nuovi limiti avverrà gradualmente per completarsi nel gennaio 2010.

Il *DM 60/2002* ha introdotto, inoltre, i criteri per l'ubicazione ottimale dei punti di campionamento in siti fissi. Per l'ubicazione su macroscala, ai fini della protezione umana, un punto di campionamento dovrebbe essere ubicato in modo tale da essere rappresentativo dell'aria in una zona circostante non inferiore a 200 m<sup>2</sup>, in siti orientati al traffico, e non inferiore ad alcuni km<sup>2</sup>, in siti di fondo urbano. Per la protezione degli ecosistemi e della vegetazione i punti di campionamento dovrebbero essere ubicati a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate diverse dalle precedenti o da impianti industriali o autostrade; il punto di campionamento dovrebbe essere ubicato in modo da essere rappresentativo della qualità dell'aria ambiente di un'area circostante di almeno 1.000 Km<sup>2</sup>.

L'*Allegato IX del DM 60* riporta, infine, i criteri per determinare il numero minimo di punti di campionamento per la misurazione in siti fissi dei livelli di Biossido di Zolfo, Biossido d'Azoto, Ossidi d'Azoto, Materiale Particolato (PM<sub>10</sub>), Piombo, Benzene e Monossido di Carbonio nell'aria ambiente. Per la popolazione umana vengono dati dei criteri distinti per le fonti diffuse e per le fonti puntuali. Per queste ultime il punto di campionamento dovrebbe essere definito sulla base della densità delle emissioni, del possibile profilo di distribuzione dell'inquinamento dell'aria e della probabile esposizione della popolazione. Il *D.Lgs 183 del 21/05/2004* ha recepito la *Direttiva 2002/3/CE* relativa all'ozono nell'aria. Con tale Decreto vengono abrogate tutte le precedenti disposizioni concernenti l'ozono e vengono fissati i nuovi limiti.

Si segnala infine che, nonostante la recente emissione del testo unico sull'ambiente D.Lgs. n.152 del 3 aprile 2006, il quadro normativo rimane sostanzialmente invariato in quanto il suddetto decreto non modifica i limiti di riferimento della qualità dell'aria.

Nella tabella 2/1 sono riportati i riferimenti di legge attualmente vigenti e la data della loro abrogazione prevista dal D.M. 60 del 2 Aprile 2002.

Nelle Tabelle 2/2, 2/3, 2/4 e 2/5 sono riportati i valori normativi attualmente vigenti; i nuovi limiti sono riportati nella Tabella 2/6 unitamente ai criteri per la protezione degli ecosistemi o della vegetazione contenuti nell'*Allegato IX del DM 60*. Infine, in Tabella 2/7 è riportato il numero minimo di punti di campionamento per la protezione degli ecosistemi e della vegetazione.

Sostanza	Valore Limite Vigente	Entrata in vigore dei limiti del DM 60/2002
Biossido di Zolfo (SO <sub>2</sub> )	DM 60/2002	
Biossido di Azoto (NO <sub>2</sub> )	DM 60/2002 (applicazione graduale)	01/01/2010
Particelle Totali Sospese PM <sub>10</sub>	DPCM 30/1983	Il DM 60/2002 prevede limiti esclusivamente per il PM <sub>10</sub>
PM <sub>10</sub>	Fase I DM 60/2002	Fase II DM 60/2002: 01/01/2010
Piombo (Pb)	DM 60/2002	
Monossido di Carbonio (CO)	DM 60/2002	
Benzene	DPCM 30/1983 (prevede un limite sugli idrocarburi totali)	01/01/2010

Tabella 2/1 Riferimenti Normativi e Data della Abrogazione dei Limiti da Essi Fissati come Previsto dal DM 60 del 2 Aprile 2002.

Sostanza	Standard - Valore Limite di Qualità dell'Aria	Normativa
Biossido di Zolfo (SO <sub>2</sub> )	125 µg/m <sup>3</sup> • concentrazione su 24 ore da non superare più di 3 volte all'anno	DM 60/2002
	350 µg/m <sup>3</sup> • concentrazione oraria da non superare più di 24 volte all'anno	
Particelle Totali Sospese	150 µg/m <sup>3</sup> • media aritmetica annuale (1 aprile - 31 marzo) delle concentrazioni medie di 24 ore	DPCM 30/1983
	300 µg/m <sup>3</sup> • 95° percentile annuale delle concentrazioni medie di 24 ore	
PM <sub>10</sub>	40 µg/m <sup>3</sup> • concentrazione media annuale	DM 60/2002 – FASE I
	50 µg/m <sup>3</sup> • concentrazione su 24 ore da non superare più di 35 volte all'anno	
Biossido di Azoto (NO <sub>2</sub> )	200 µg/m <sup>3</sup> • Concentrazione oraria da non superare più di 18 volte all'anno	DM 60/2002 (dal 2010)
	40 µg/m <sup>3</sup> • Concentrazione media annuale	
	400 µg/m <sup>3</sup> • Livello di allarme (definito per 3 ore consecutive in un'area uguale o superiore a 100 km <sup>2</sup> o l'intero agglomerato se inferiore a 100 km <sup>2</sup> )	
Monossido di Carbonio (CO)	10 mg/m <sup>3</sup> • media massima giornaliera su 8 ore	DM 60/2002
Piombo (Pb)	0,5 µg/m <sup>3</sup> • concentrazione media annuale	DM 60/2002
Fluoro (F)	20 µg/m <sup>3</sup> • concentrazione media di 24 ore dalle 0 alle 24 ore	DPCM 30/1983
	10 µg/m <sup>3</sup> • media mensile delle concentrazioni medie di 24 ore	
HC Totali* (escluso metano)	200 µg/m <sup>3</sup> • concentrazione media di 3 ore consecutive in periodi del giorno secondo parere dell'Autorità Regionale	DPCM 30/1983

**Note: per valori limite di qualità dell'aria si intendono i limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e i limiti massimi di esposizione, relativi ad inquinanti nell'ambiente esterno, destinati a proteggere in particolare la salute umana.**

\* da adottarsi in caso di superamento significativo dello standard dell'ozono

Tabella 2/2 Standard di Qualità dell'Aria (escluso Ozono)

Sostanza	Livelli di Attenzione	Livelli di Allarme	Parametro Statistico	Normativa
Particelle Totali Sospese	90 µg/m <sup>3</sup>	180 µg/m <sup>3</sup>	• Media giornaliera	DGR (Lombardia) 11/10/2000 n. 7/1529
PM <sub>10</sub>	50 µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>	75 µg/m <sup>3</sup> <sup>(2)</sup>	• Media giornaliera per 7 giorni consecutivi	<sup>(1)</sup> DGR (Lombardia) 28/10/2002 n. 7/10863 <sup>(2)</sup> DGR (Lombardia) 11/10/2000 n. 7/1529
Ozono (O <sub>3</sub> )	180** µg/m <sup>3</sup>	240 µg/m <sup>3</sup>	• Media oraria	D.Lgs. 183/2004 <sup>(1)</sup> DGR (Lombardia)
SO <sub>2</sub>	130 µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>	500* µg/m <sup>3</sup> <sup>(2)</sup>	• Valore misurato su 3 ore consecutive	28/10/2002 n. 7/10863 <sup>(2)</sup> DM 60/2002

Note:

\* ai sensi del DM 60/2002 la misura deve riferirsi ad un'area uguale o superiore a 100 km<sup>2</sup> o all'intero agglomerato se inferiore a 100 km<sup>2</sup>

Tabella 2/3 Livelli di Attenzione e Allarme nelle Aree Urbane

Sostanza	Limite di Qualità dell'Aria per la Protezione della Salute	Normativa
Ozono (O <sub>3</sub> )	120* µg/m <sup>3</sup> • media su 8 ore massima giornaliera nell'arco di un anno civile	D.Lgs. 183/2004
Ozono (O <sub>3</sub> )	180** µg/m <sup>3</sup> 240*** µg/m <sup>3</sup> • media oraria	D.Lgs. 183/2004
Ozono (O <sub>3</sub> )	40**** µg/m <sup>3</sup> • concentrazione annuale	D.Lgs. 183/2004

Note \* Protezione della salute umana

\*\* Soglia di Informazione

\*\*\* Soglia di Allarme

\*\*\*\* Protezione dei beni materiali

Tabella 2/4 Livelli di Concentrazione di Ozono

Obiettivi	Valori Bersaglio al 2010	Obiettivi a Lungo Termine	Normativa	
Protezione della salute	120 µg/m <sup>3</sup>	media massima giornaliera su 8 ore da non superare per più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni	120 µg/m <sup>3</sup> media massima giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno civile	D.Lgs. 183/2004
Protezione della vegetazione	18.000 µg/(m <sup>3</sup> ·h)	media su 5 anni (AOT40* calcolato sulla base di un'ora tra maggio e luglio)	6.000 µg/(m <sup>3</sup> ·h) AOT40* calcolato sulla base di un'ora tra maggio e luglio	D.Lgs. 183/2004

Note: \* AOT40: somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m<sup>3</sup> (uguale a 40 parti per miliardo) e 80 µg/m<sup>3</sup> in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori di 1 ora rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa Centrale

Tabella 2/5 Valori Bersaglio e Obiettivi a Lungo Termine per l'Ozono

Sostanza	Valore limite di Qualità dell'Aria	Entrata in Vigore
NO <sub>2</sub>	200 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrazione oraria da non superare più di 18 volte all'anno</li> </ul> 01/01/2010
	40 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrazione media annuale</li> </ul> 01/01/2010
	400 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Livello di allarme (definito per 3 ore consecutive in un'area uguale o superiore a 100 km<sup>2</sup> o l'intero agglomerato se inferiore a 100 km<sup>2</sup>)</li> </ul>
NO <sub>x</sub>	30 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrazione annuale per la protezione della vegetazione (NO+NO<sub>2</sub>) (da rispettare a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da altre aree edificate o impianti industriali o autostrade)</li> </ul> 19/07/2001
SO <sub>2</sub>	125 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>concentrazione su 24 ore da non superare più di 3 volte all'anno</li> </ul> 01/01/2005
	350 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>concentrazione oraria da non superare più di 24 volte al anno</li> </ul> 01/01/2005
	500 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>livello di allarme (definito per 3 ore consecutive in un'area uguale o superiore a 100 km<sup>2</sup> o all'intero agglomerato se inferiore a 100 km<sup>2</sup>)</li> </ul>
	20 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valore limite per la protezione degli ecosistemi (concentrazione media annuale)</li> </ul> 19/07/2001
PM <sub>10</sub> FASE I	40 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrazione media annuale</li> </ul> 01/01/2005
	50 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrazione su 24 ore da non superare più di 35 volte all'anno</li> </ul> 01/01/2005
PM <sub>10</sub> FASE II*	20 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrazione media annuale</li> </ul> 01/01/2010
	50 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrazione su 24 ore da non superare più di 7 volte all'anno</li> </ul> 01/01/2010
Pb	0,5 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrazione media annuale</li> </ul> 01/01/2005 (01/01/2010 presso le aree industriali)
Benzene	5 µg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrazione media annuale</li> </ul> 01/01/2010
CO	10 mg/m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Media massima giornaliera su 8 ore</li> </ul> 01/01/2005

(1) \* Valori limite indicativi da rivedere con successivo decreto

Tabella 2/6 Valori Limite di Qualità dell'Aria del DM 60 del 2 Aprile 2002 (Recepimento Direttiva 99/30/CE del 22/04/1999 e Direttiva 00/69/CE del 16/11/2000)

Se i livelli superano la soglia di valutazione superiore	Se i livelli si situano tra le soglie di valutazione superiore ed inferiore
1 punto di campionamento per 20.000 km <sup>2</sup>	1 punto di campionamento per 40.000 km <sup>2</sup>

Tabella 2/7 Numero Minimo di Punti di Campionamento per la Protezione degli Ecosistemi o della Vegetazione (Allegato IX del DM 60/2002).

## 2.2 ANALISI DEI DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA DISPONIBILI

Il territorio mantovano è caratterizzato da un sistema articolato di industrie di piccole e grandi dimensioni. Insieme a grandi insediamenti destinati alla produzione di energia, sono presenti lavorazioni metalliche e metallurgiche, poli chimici, imprese dedicate alla produzione di carta, alla raffinazione di petrolio greggio; sono presenti inoltre tintorie, calzifici, industrie di abbigliamento, produttori alimentari per uso umano ed animale ed altri.

Per quanto riguarda il **biossido di zolfo**, che deriva dalla combustione di sostanze che contengono zolfo (oli combustibili, gasolio, carbone) usate negli impianti di combustione, la quota parte più importante deriva dal settore industriale, il resto quasi tutto dal traffico veicolare; l'emissione da riscaldamento è da ritenersi trascurabile e risulta inoltre concentrata nei soli mesi invernali e nei centri abitati.

Le emissioni da traffico e da riscaldamento possono incidere sensibilmente sulle concentrazioni nell'aria ambiente in quanto la modalità di emissione, tramite sorgenti diffuse, e soprattutto a bassa quota, è generalmente poco favorevole ad una buona dispersione e diluizione degli inquinanti, contrariamente a quanto avviene invece nel caso di sorgenti puntiformi elevate quali possono considerarsi quelle industriali.

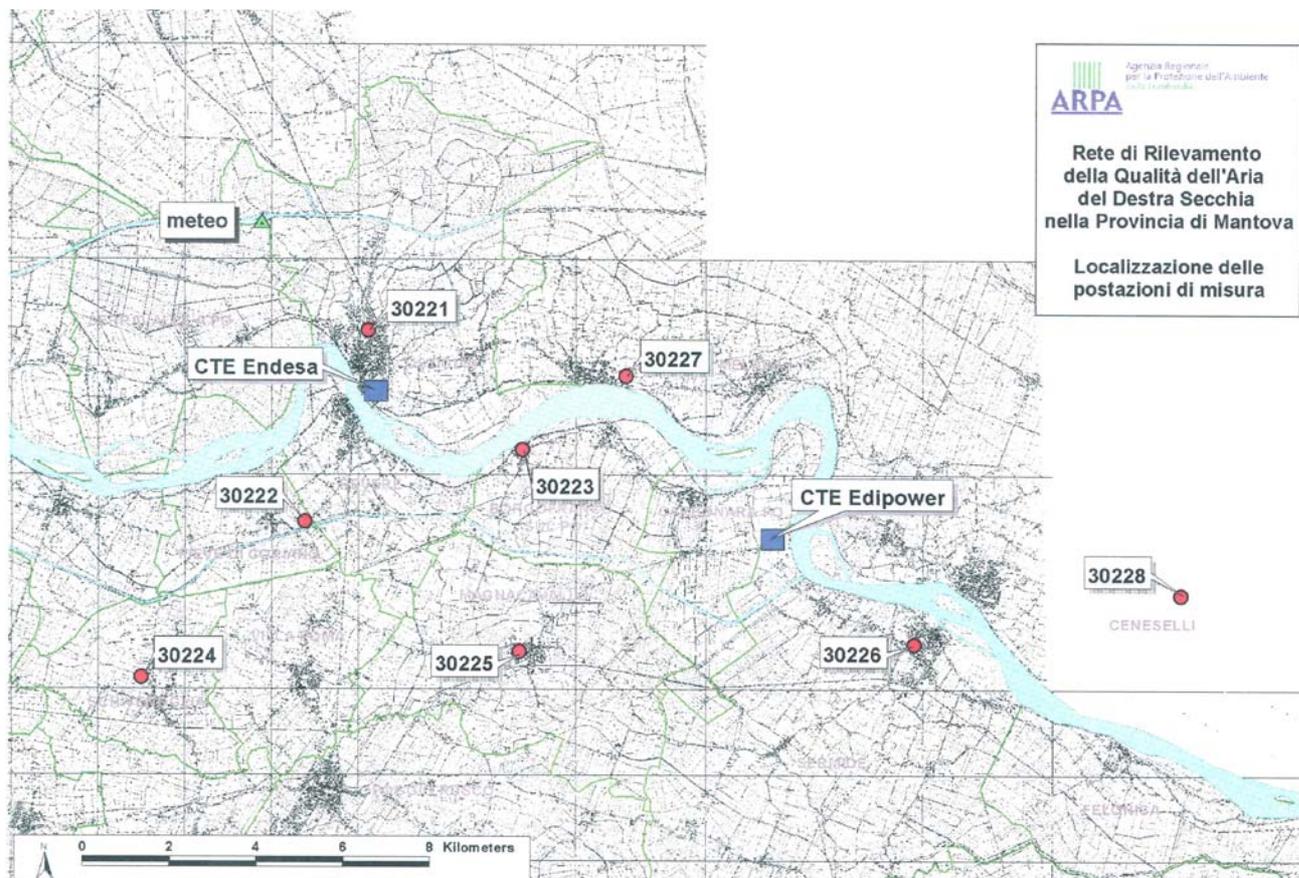
Le emissioni di **ossidi di azoto** da traffico veicolare sono considerevoli e rappresentano certamente una parte consistente delle emissioni totali nell'area considerata. Le condizioni di dispersione nell'atmosfera degli NO<sub>x</sub>, come già detto per il biossido di zolfo, permettono di affermare che le sue concentrazioni nell'aria ambiente dei centri urbano risentono sensibilmente delle emissioni da traffico mentre quelle di tipo industriale incidono sui valori misurati al suolo solamente nelle aree di massima ricaduta.

Le emissioni di **particolato**, cioè di sostanze solide dalla composizione e dimensione estremamente diversificate, sono disperse nell'aria da insediamenti industriali, dal settore dei trasporti, da attività agricole e da fenomeni di erosione eolica dei suoli.

Lo stato della qualità dell'aria nel comprensorio d'interesse è attualmente descritto dalle misure effettuate nelle 8 postazioni della Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria (RRQA) denominata "del Destra Secchia" (cfr. Allegato E4). Tale rete, realizzata dalle società ENDESA Italia ed EDIPOWER in base a quanto prescritto dai rispettivi decreti

autorizzativi alla trasformazione in ciclo combinato di parte degli impianti di Ostiglia e Sermide, a partire dal dicembre 2006 è gestita da ARPA MN in accordo alla convenzione recentemente stipulata tra le due società e l'organo di controllo (cfr. Allegato B26\_04).

L'ubicazione e l'allestimento delle postazioni di rilevamento della RRQA sono mostrati nella figura 2/1.



	codice	POSTAZIONE	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	BTX	CO	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	meteo
EDIPOWER	meteo	Ostiglia								X
	30228	Ceneselli	X	X				X	X	
	30226	Sermide	X	X						
	30227	Melara	X				X			
ENDESA	30223	Borgofranco	X	X	X	X			X	
	30224	Schivenoglia	X	X	X	X	X	X	X	
	30221	Ostiglia	X	X			X			
	30222	Pieve di Coriano	X					X		
	30225	Magnacavallo	X					X		

Figura 2/1 RRQA della provincia di Mantova

Poiché i dati di qualità dell'aria citati nel presente studio si riferiscono ad un periodo precedente a quello della nuova gestione, di seguito si descrive brevemente anche la RRQA precedente e allora gestita direttamente dagli impianti. Nella tabella 2/8 è descritta la dotazione strumentale delle stazioni e la loro classificazione come riportata in [1].

<i>Postazioni RRQA precedenti e attualmente dismesse</i>							
<i>Sistema integrato delle centrali di Ostiglia e Sermide</i>							
Postazioni		Parametri rilevati					
Codice	Località	SO <sub>2</sub>	PTS	NO <sub>x</sub>	Meteo	Tipo di zona	Tipo di stazione
P01	SERRAVALLE PO	◆				Rurale	Industriale
P02	REVERE	◆	◆			Rurale	Industriale
P03	PIEVE DI CORIANO	◆				Rurale	Industriale
P04	BORGOFRANCO SUL PO	◆				-	Industriale
P05	OSTIGLIA	◆		◆		-	Industriale
P06	SERMIDE	◆				-	Industriale
P07	CARBONARA DI PO	◆	◆	◆		Rurale	Industriale
P08	MAGNACAVALLO	◆				Rurale	Industriale
P09	SAN PIETRO POLESINE	◆				-	-
P10	GENESILLI	◆				-	-
P11	FELONICA	◆				Rurale	Industriale
Meteo di Centrale	Centrale di Ostiglia				◆		

Tabella 2/8 Stazioni RRQA precedente

I dati di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e Polveri totali della intera Rete di Rilevamento della Qualità dell'Aria sono stati analizzati per il periodo 1997÷2001; sono stati pure considerati i più recenti dati della rete afferente la Centrale di Ostiglia fino al 2004 riportati in [2].

I risultati dei rilevamenti eseguiti, valutati in rapporto agli Standard di Qualità dell'Aria (SQA) fissati dalla normativa vigente, consentono di formulare un giudizio oggettivo sul grado di inquinamento atmosferico del territorio in esame e, quindi, sul contributo globale delle diverse fonti inquinanti insistenti sul territorio stesso che sono rappresentate principalmente da: traffico veicolare (locale e di lunga percorrenza), industrie (produzione di energia elettrica, metalmeccaniche, ceramiche, dell'abbigliamento, del legno), riscaldamento e attività agricole.

Nel seguito si analizzano i dati per i diversi composti richiamando gli aspetti normativi di riferimento descritti nel paragrafo 2.1.

**Biossido di zolfo - SO<sub>2</sub>**

Nella tabella 2/9, relativa al periodo 1997-2001 (fino al 2004 per alcune stazioni), sono riassunte le statistiche dei valori rilevati presso le diverse postazioni della RRQA, e che costituiscono un elemento di valutazione oggettiva dello stato della qualità dell'aria relativamente al biossido di zolfo.

I valori calcolati per gli indici statistici di riferimento mostrano un ampio rispetto dei limiti in tutte le postazioni della Rete di Qualità dell'Aria, tali valori, infatti, sono sempre molto bassi.

Gli andamenti spaziali dei valori del 98° percentile e della mediana delle medie giornaliere (Figg. 2/2÷3) evidenziano una generale diminuzione negli anni. Il confronto dei parametri statistici introdotti dal DPCM 83 e DPR 88 con i rispettivi limiti di legge evidenzia un livello di qualità dell'aria, per questo inquinante, decisamente buono, con indici mediamente attorno al 10% del rispettivo limite di legge. I valori più elevati sono riscontrabili per le stazioni di Serravalle Po (P01) e Borgofranco sul Po (P04) negli anni dal 1997/1998 al 1998/1999.

L'andamento spaziale decrescente negli anni caratterizza anche i valori degli indici statistici introdotti con il D.M. 60/2002, la media annuale, il valore orario e quello giornaliero superato rispettivamente per più di 24 volte e per più di 3 volte l'anno (Figg. 2/4÷6). Il livello di qualità dell'aria è buono anche per tali indici statistici che assumono valori variabili tra il 30% e il 45% dei rispettivi limite di legge.

La tendenza sopra descritta è confermata anche per il biennio 2002-2003.

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE RILEVATA NEI VARI ANNI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO											RIFERIMENTI NORMATIVI DM 2.4.02. N° 60 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	P01 - Serravalle Po	P02 - Receve	P03 - Pieve di Coriano	P04 - Borgofranco sul Po	P05 - Ostiglia	P06 - Serride	P07 - Carbonara di Po	P08 - Magnacavallo	P09 - San Pietro Polesine	P10 - Ceneselli	P11 - Felonica	limite transitorio	limite finale e data di raggiungimento	limite margine di tolleranza al 1 gennaio
<b>98° percentile delle medie giornaliere (1/4-31/3)</b>														
1997/1998	32	22	20	25	21	22	21	17	17	18	14	250	-	-
1998/1999	32	20	16	27	13	14	16	16	16	16	13			
1999/2000	25	18	21	21	3	18	20	11	17	11	10			
2000/2001	22	12	13	18	2	15	14	6	5	5	7			
2001/2002	12	13	10	15	2	12	7	17	15	8	6			
2002/2003	14	9	10	13										
2003/2004	7	5	6	6										
<b>Mediana delle medie giornaliere (1/4-31/3)</b>														
1997/1998	5	1	3	7	4	4	4	2	5	1	3	80	-	-
1998/1999	3	4	2	3	1	2	2	4	2	2	1			
1999/2000	4	3	3	4	1	3	2	3	2	2	2			
2000/2001	2	2	2	3	1	2	1	2	0	2	1			
2001/2002	2	3	3	3	0	1	0	3	3	2	1			
2002/2003	3	3	3	3										
2003/2004	3	1	2	2										
<b>Mediana delle medie giornaliere nel semestre invernale (1/10-31/3)</b>														
1997/1998	5	2	4	8	4	5	6	4	7	1	5	130	-	-
1998/1999	3	3	1	3	1	3	3	4	3	3	3			
1999/2000	3	3	3	4	1	3	2	4	1	4	3			
2000/2001	2	3	2	3	0	2	1	2	0	3	2			
2001/2002	2	3	3	3	0	1	0	3	3	2	1			
2002/2003	3	3	4	2										
2003/2004	3	1	2	3										
<b>Media annuale (anno civile)</b>														
1997	5	3	5	7	5	5	4	3	6	3	4	-	20	20
1998	6	5	4	7	4	4	4	5	3	4	3			
1999	6	5	5	6	1	4	5	3	5	2	3			
2000	4	3	3	5	1	4	3	3	1	4	2			
2001	3	4	3	4	1	2	1	3	4	3	2			
<b>Valore orario superato più di 24 volte per anno</b>														
1997	126	64	77	104	96	83	88	46	53	60	43	-	350	
1998	164	107	79	131	73	81	57	86	73	78	46			
1999	126	87	78	111	12	66	100	31	84	29	29			
2000	95	56	51	94	5	78	85	36	21	34	29			
2001	52	46	38	59	6	54	28	53	46	27	22			
<b>Valore giornaliero superato più di 3 volte per anno</b>														
1997	38	28	28	35	22	24	21	22	15	21	16	-	125	-
1998	38	28	28	35	22	24	21	22	15	21	16			
1999	31	27	26	28	4	16	27	9	23	9	13			
2000	23	13	13	22	3	19	19	12	11	13	10			
2001	13	14	12	17	2	12	9	11	14	8	9			

Tabella 2/9 SO<sub>2</sub> – Valori di concentrazione rilevata e confronto con i valori guida e con i valori limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

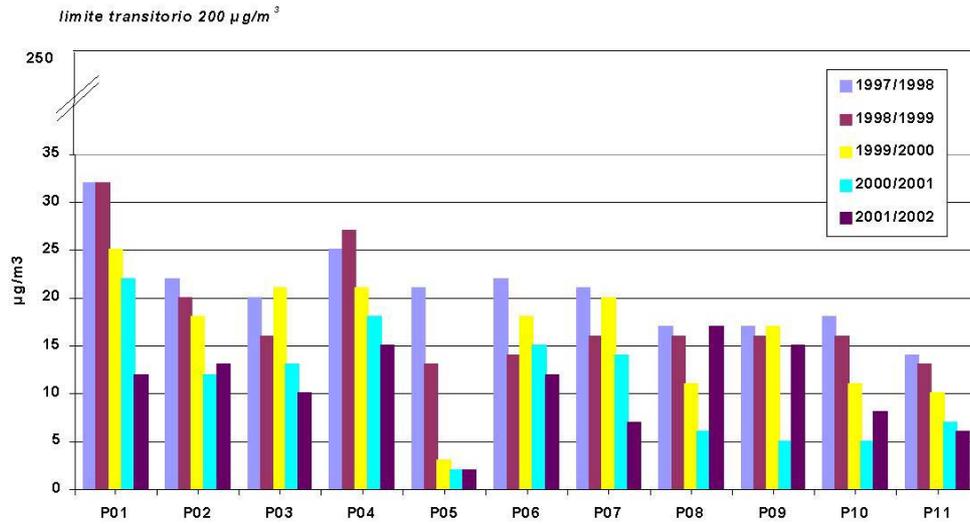


Figura 2/2 SO<sub>2</sub>, Andamenti spaziali per il 98° percentile

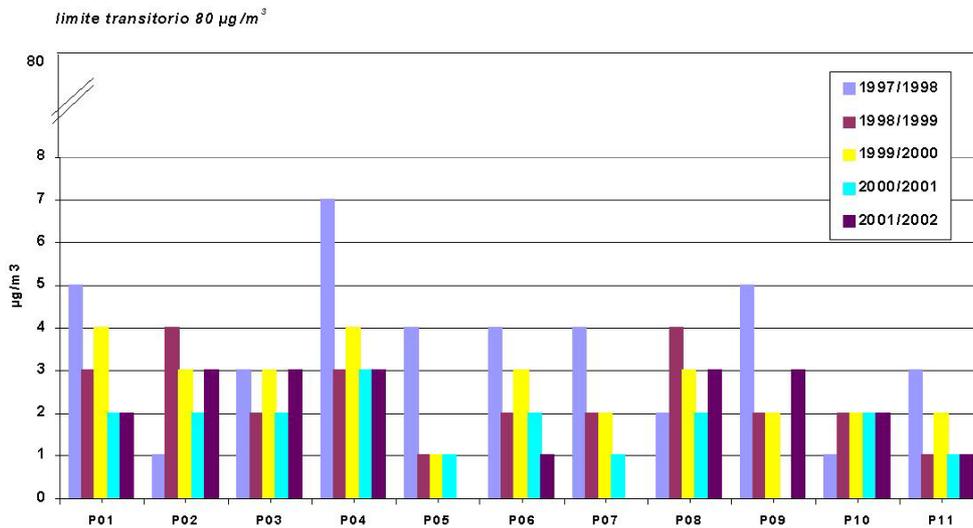


Figura 2/3 SO<sub>2</sub>, Andamenti spaziali della mediana delle medie giornaliere

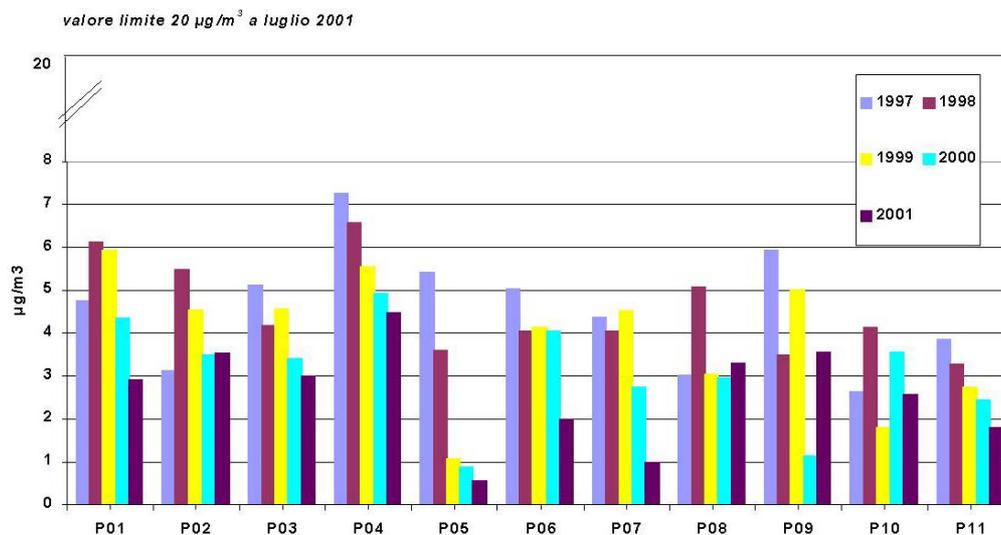


Figura 2/4 SO<sub>2</sub>, Andamenti spaziali per gli indici statistici introdotti dal D.M. 2 aprile 2002 n° 60 – Media annuale

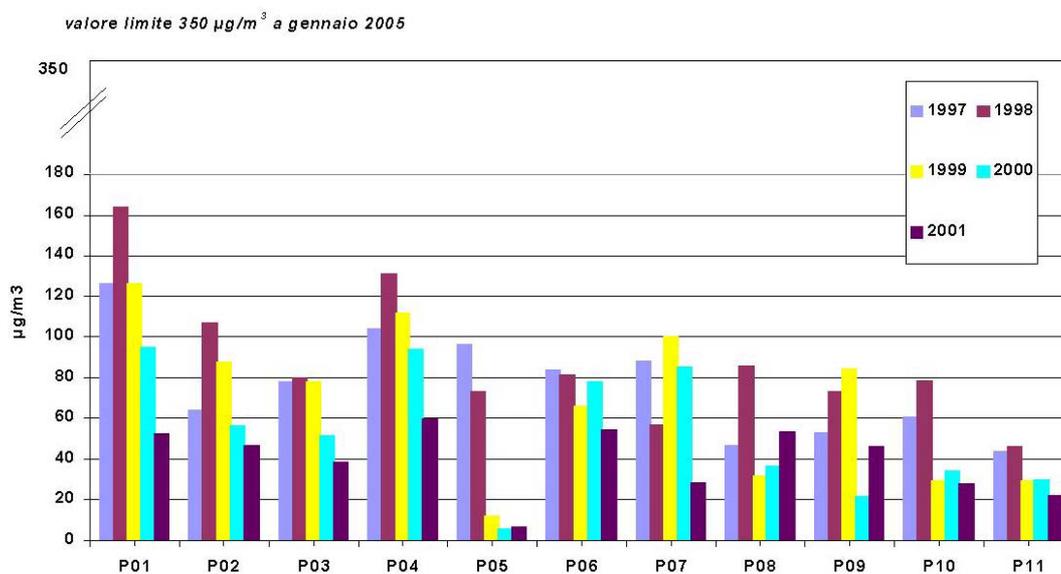


Figura 2/5 SO<sub>2</sub>, Andamenti spaziali per gli indici statistici introdotti dal D.M. 2 aprile 2002 n° 60 – Valore orario superato più di 24 volte per anno

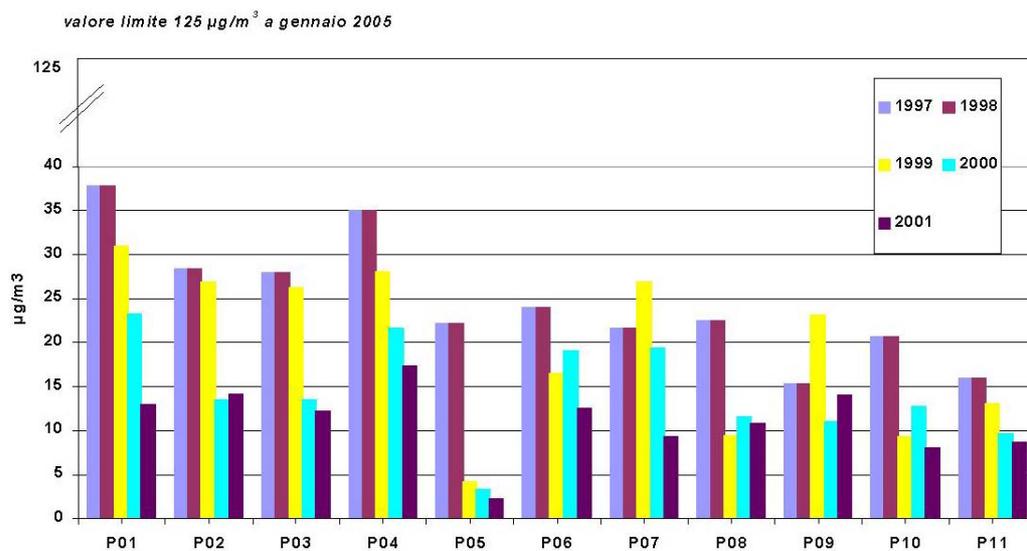


Figura 2/6 SO<sub>2</sub>, Andamenti spaziali per gli indici statistici introdotti dal D.M. 2 aprile 2002 n° 60  
– Valore giornaliero superato più di 3 volte per anno

### Biossido d'Azoto e Ossidi di Azoto

Nella tabella 2/18, relative ai singoli anni dell'intero periodo 1997-2001, si riassumono le statistiche dei valori rilevati presso le due postazioni della RRQA, Ostiglia (P05) e Carbonara di Po (P07); esse possono già fornire un elemento di valutazione oggettiva dello stato della qualità dell'aria relativamente agli ossidi e al biossido di azoto.

La postazione di Borgofranco (P04) rileva tale parametro dal 2003.

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE RILEVATA NEI VARI ANNI ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			RIFERIMENTI NORMATIVI DM 2.4.02. N° 60 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	P05 - Ostiglia	P07 - Carbonara di Po	P04 - Borgofranco	limite transitorio	limite finale e data di raggiungimento	limite + margine di tolleranza al 1 gennaio
<b>NO<sub>2</sub> : 98° percentile delle medie orarie nell'arco di 1 anno (1/1 – 31/12)</b>						
1997	52	95		200	-	-
1998	65	79				
1999	67	72				
2000	44	77				
2001	31	90				
<b>NO<sub>2</sub> : Valore orario superato più di 18 volte per anno civile</b>						
1997	75	157		-	200 al 1.1.2010	
1998	89	106				
1999	94	96				
2000	56	97				
2001	81	120				
						300
						290
<b>NO<sub>2</sub> : Media annuale (anno civile)</b>						
1997	23	37		-	40 al 1.1.2010	
1998	21	30				
1999	23	25				
2000	15	23				
2001	8	17				
						60
						58
<b>NO<sub>x</sub> : Media annuale (anno civile, protezione vegetazione)</b>						
1997	33	46		-	30	-
1998	33	41				
1999	32	36				
2000	23	30				
2001	17	21				

Tabella 2/10 NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub> – Valori di concentrazione rilevata e confronto con i valori guida e con i valori limite ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

I valori calcolati per gli indici statistici del biossido di azoto, riportati nella tabella, mostrano il rispetto dei limiti previsti dalla vigente normativa nelle postazioni esaminate come di seguito descritto. Per meglio evidenziare i dati tabulati, di seguito, sono riportati i loro andamenti spaziali (Figg. 2/7÷11) dai quali è possibile evincere che i valori più significativi sono associati alla stazione di Carbonara di Po (P07).

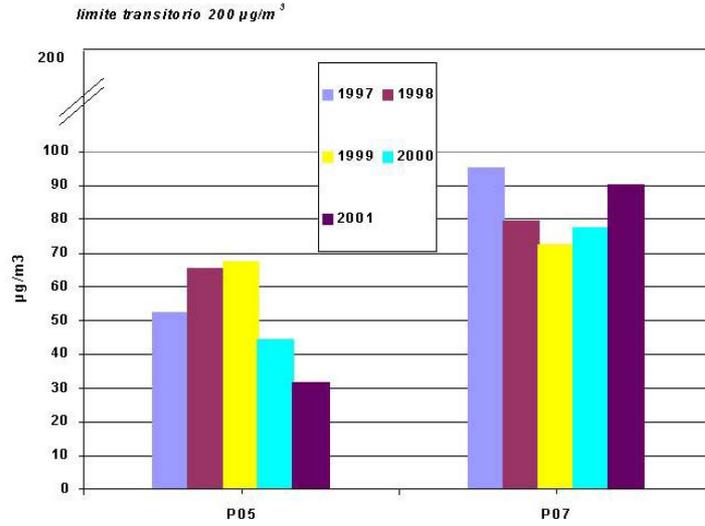


Figura 2/7 NO<sub>2</sub>, Andamenti spaziali per gli indici di riferimento – 98° percentile delle medie orarie nell’arco di 1 anno

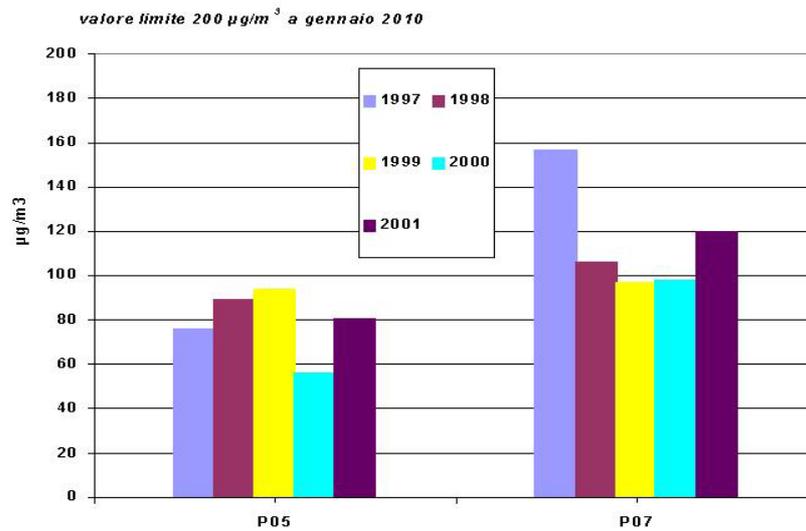


Figura 2/8 NO<sub>2</sub>, Andamenti spaziali per gli indici di riferimento – valore orario superato più di 18 volte per anno civile

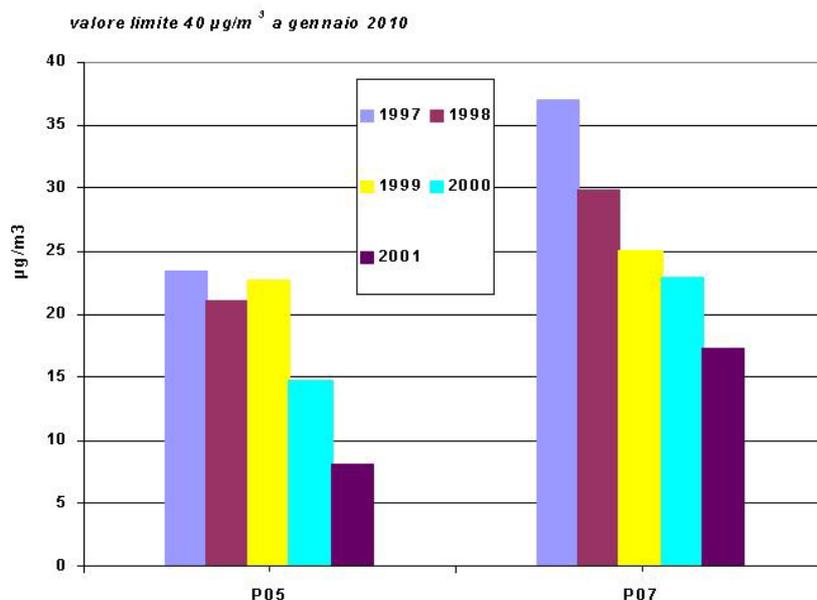


Figura 2/9 - NO<sub>2</sub>, Andamento spaziale della media annuale

Il *valore medio annuale* calcolato per gli *ossidi di azoto* rappresenta il riferimento alla protezione della vegetazione come introdotto dal D.M. 60/2002; le misure sono state eseguite nelle sole postazioni di Ostiglia (P05) e di Carbonara Po (P07) ed a partire dal 2003 anche presso la stazione di Borgofranco. Tali postazioni, pur essendo stazioni di tipo industriale (cfr. Tab. 2/8) e quindi non rispondenti alle caratteristiche previste dal DM 60/2002 in riferimento ai punti di campionamento destinati alla protezione degli ecosistemi o della vegetazione (cfr. par. 2.1), evidenziano un trend temporale in miglioramento e nel 2001, data di raggiungimento del limite finale, un rispetto del limite vigente pari a  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (cfr. Tab. 2/10).

Analizzando gli andamenti spaziali di tale parametro è possibile evidenziare che i valori relativi alla stazione di Carbonara di Po (P07), decrescenti nel tempo, risultano i più elevati, con il massimo associato all'anno 1997.

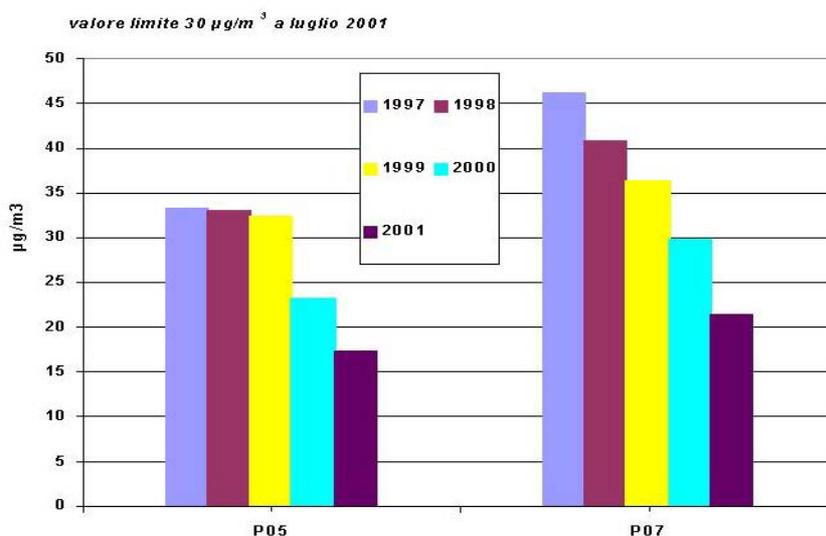


Figura 2/10 NO<sub>x</sub>, Andamenti temporali e spaziali della media annuale (protezione vegetazione)

**Particolato totale aerodisperso**

L'analisi degli indici statistici di riferimento per le PTS, riportata nella tabella 2/21, mostra un sostanziale rispetto dei limiti legislativi vigenti.

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE RILEVATA NEI VARI ANNI (µg/m <sup>3</sup> )		RIFERIMENTI NORMATIVI DM 2.4.02. N° 60 (µg/m <sup>3</sup> )		
	P02 Revere	P07 Carbonara di Po	limite transitorio	limite finale e data di raggiungimento	limite + margine di tolleranza al 1 gennaio
<b>PTS : 95° percentile delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (1/4 - 31/3)</b>					
1997	222	110	<b>300</b>	-	-
1998	79	110			
1999	92	107			
2000	53	97			
2001	86	n.d.			
2002	41				
<b>PTS : media aritmetica delle medie di 24 ore rilevate nell'arco di un anno (1/4 - 31/3)</b>					
1997	116	68	<b>150</b>	-	-
1998	37	63			
1999	40	73			
2000	25	65			
2001	35	n.d.			
2002	22				

Tabella 2/11 PTS - Valori di concentrazione rilevata e confronto con i valori guida e con i valori limite (µg/m<sup>3</sup>)

Anche per le polveri gli andamenti spaziali dei parametri in esame (Fig. 2/11) evidenziano una generale diminuzione nel corso degli anni; i valori più elevati sono associati al 1997 per la postazione di Revere (P02) e anche all'anno 1998 per Carbonara di Po (P07).

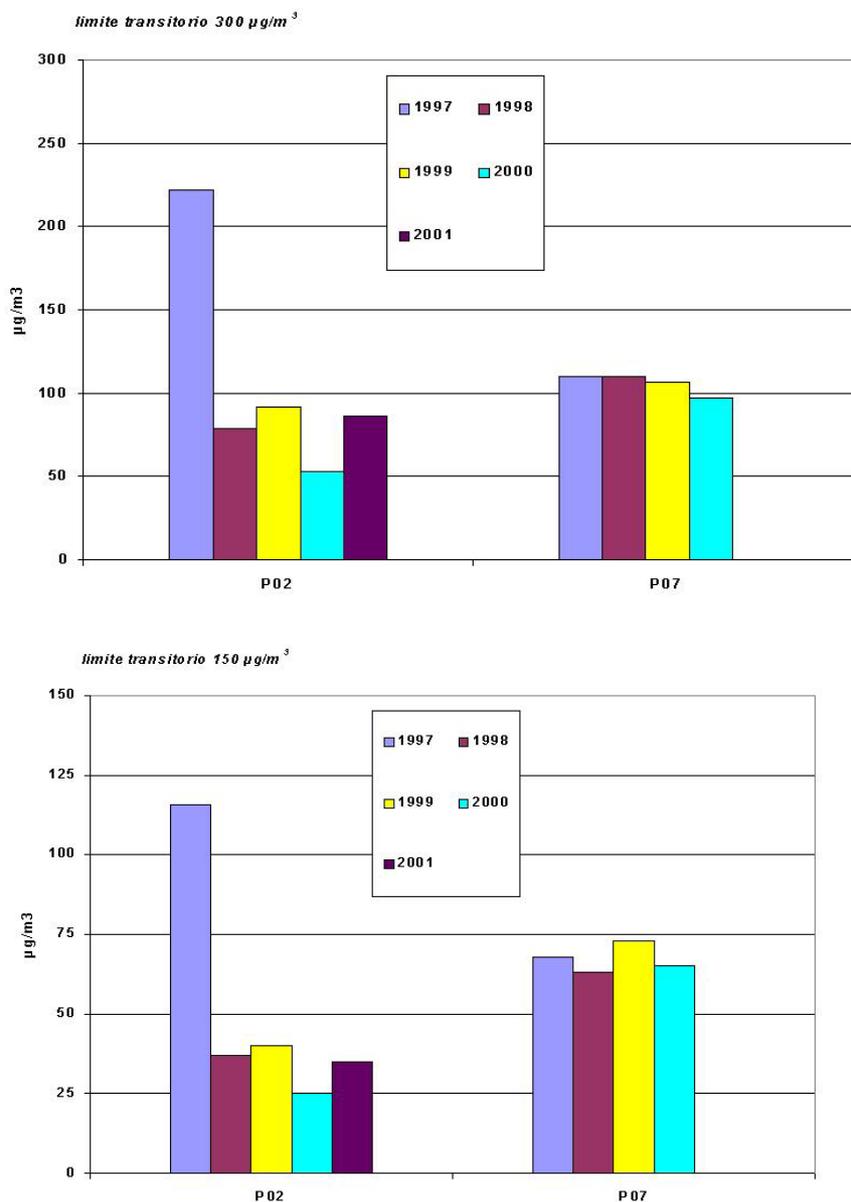


Figura 2/11 PTS - Andamenti spaziali per 95° percentile (sopra) e della media aritmetica delle medie giornaliere (sotto)

### 3 VALUTAZIONE DELLA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA

La stima degli effetti delle emissioni in atmosfera dei composti inquinanti generati dall'esercizio dell'impianto è stata condotta seguendo lo schema metodologico riportato nella figura 3/1.

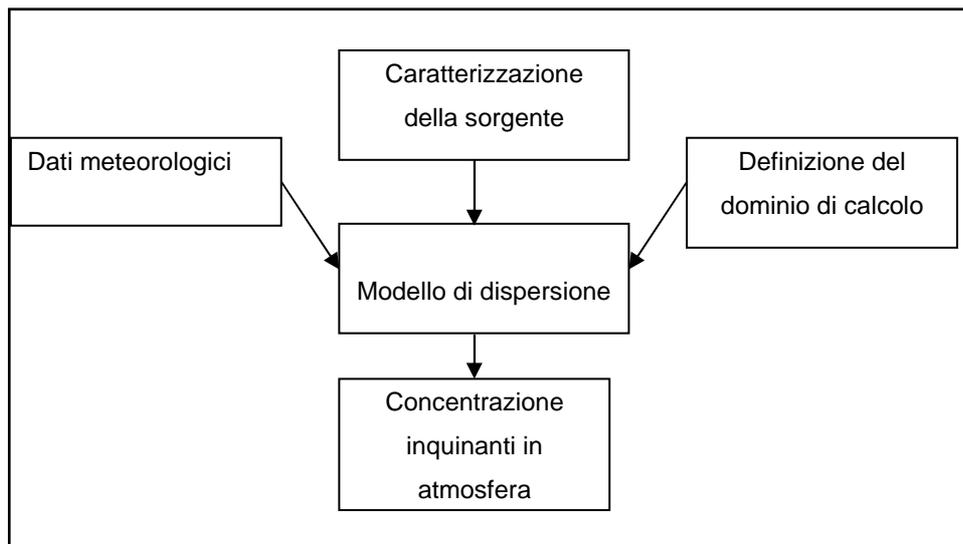


Figura 3/1 Schema metodologico semplificato

Le simulazioni modellistiche sono state condotte facendo riferimento ad uno scenario annuale con dati di input orari, in modo tale da poter confrontare i risultati ottenuti con i limiti stabiliti dalla normativa vigente, che richiede, oltre al valor medio annuale, la valutazione del numero di superamenti del limite del valor medio orario o giornaliero della concentrazione dell'inquinante considerato. Per la caratterizzazione emissiva dell'impianto si è fatto riferimento ai valori di concentrazione misurati con cadenza annuale al camino.

Un approfondimento è stato infine dedicato allo studio delle condizioni di calma di vento ( $v < 1\text{m/s}$ ), che date le caratteristiche evidenziate nell'Allegato D5, relativo alla climatologia dell'area, potrebbero presentare delle criticità collegate a fenomeni di scarsa diffusione degli inquinanti.

### **3.1 DOMINIO DI CALCOLO**

Il dominio di calcolo, scelto in base alle caratteristiche del Sito ed al tipo di emissione, è costituito da un'area quadrata di lato pari a 30 km centrata nel punto medio delle coordinate di due tra le sorgenti emissive prese in esame. I punti ricettori sono stati disposti su una griglia a maglia quadrata con passo regolare pari a 500 metri, per un totale di 3721 punti ricettori. La disposizione del dominio di calcolo, e quindi delle figure contenenti i risultati delle simulazioni, è tale da far coincidere il Nord geografico con la direzione verticale.

### **3.2 DATI METEOROLOGICI UTILIZZATI**

I dati meteorologici utilizzati fanno riferimento alla stazione di rilevamento della Centrale. L'analisi dettagliata di tali dati è riportata nell'Allegato D5, cui si rimanda anche per gli aspetti climatologici del sito.

### **3.3 CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI**

Nella fase di esercizio, l'impatto sulla qualità dell'aria della Centrale Endesa Italia di Ostiglia deriva dalle emissioni dei prodotti della combustione attraverso i camini. La valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria è illustrata nel seguito attraverso l'analisi della configurazione di riferimento (esercizio di tre sezioni a ciclo combinato e di una sezione tradizionale).

L'area oggetto dello studio è interessata anche dalla presenza della Centrale di Sermide, che nello studio di simulazione modellistica è considerata come sorgente emissiva nella configurazione presente fino al 2004. Tale configurazione, essendo state fermate le sezioni 1 e 2 nel corso del secondo semestre 2004 [3], non corrisponde più a quella attualmente esistente; tuttavia, essa da una parte consente di effettuare i confronti con i dati di qualità dell'aria disponibili mentre dall'altra rappresenta una ipotesi conservativa per la quantificazione delle immissioni degli impianti termoelettrici.

Come detto, la Centrale di Ostiglia nel suo assetto di riferimento è costituita da tre moduli a ciclo combinato per una potenza lorda complessiva di 1155 MW alimentati a gas naturale e da una sezione da 330 MW alimentata a olio combustibile denso (OCD) e/o una miscela di gas naturale e olio combustibile denso. I prodotti della combustione dei moduli a ciclo combinato, indicati come modulo 1 e 2, sono scaricati in due distinte ciminiere di 100 metri di altezza mentre l'altezza della ciminiera nella quale sono

convogliati i prodotti della combustione del modulo 3 è di 150 metri. La sezione 4 scarica i fumi in un camino di 200 metri di altezza.

La centrale di Sermide nell'assetto considerato è costituita da due sezioni di potenza lorda pari a 320 MW ciascuna alimentata a olio combustibile denso (OCD) e/o una miscela di gas naturale e olio combustibile denso e da 3 moduli a ciclo combinato per complessivi 1155 MW.

I dati caratteristici e le condizioni di emissione delle sorgenti prese a riferimento nello studio per la valutazione sulla qualità dell'aria per le simulazioni modellistiche sono riportati nelle tabelle 3/1 e 3/2.

Sorgente		Potenza lorda	Combustibile	Ciminiera	
				Altezza	Diametro equivalente
		MW		metri	Metri
<b>Centrale di Sermide</b>					
SE 1	Sezioni termoelettriche (*)	320	OCD / GN	220	6.36
SE 2		320	OCD / GN		
SE 3	Moduli a ciclo combinato	385	Gas naturale	120	6.40
SE 4_1		385	Gas naturale	120	6.40
SE 4_2		385	Gas naturale	120	6.40
<b>Centrale di Ostiglia</b>					
OS 1	Moduli a ciclo combinato	385	Gas naturale	100	6.40
OS 2		385	Gas naturale	100	6.40
OS 3		385	Gas naturale	150	6.40
OS.4	Sezione termoelettrica	330	OCD / GN	200	6.20

(\*) Le sezioni 1 e 2 sono state fermate nel corso del 2° semestre 2004

Tabella 3/1 Caratteristiche delle emissioni per le sorgenti prese in esame nella situazione attuale di riferimento

Sorgente	Temp	Portata		Velocità	Concentrazioni		
		Tal quale	Secchi O2 rif.		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Polveri
Codice	°C	Nm <sup>3</sup> /h	Nm <sup>3</sup> /h	Uscita	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>
<b>Centrale di Sermide</b>							
SE 1 & SE 2	145	2 000 000	1 740 000	26.7	400	200	50
SE 3	89	1 863 485	2 093 688	21.3		50	
SE 4_1	89	1 863 485	2 093 688	21.3		50	
SE 4_2	89	1 863 485	2 093 688	21.3		50	
<b>Centrale di Ostiglia</b>							
OS 1	89	1 863 485	2 093 688	21.3		50	
OS 2	89	1 863 485	2 093 688	21.3		50	
OS 3	89	1 863 485	2 093 688	21.3		50	
OS 4	145	1 000 000	870 000	14.1	400	200	50

Tabella 3/2 Condizioni di emissione delle sorgenti prese in esame nella situazione attuale di riferimento

Gli impianti sono stati considerati funzionante in continuo, cioè per 8760 ore/anno; questa ipotesi cautelativa è stata adottata per coerenza con la formulazione degli standard di qualità dell'aria fissati dalla normativa vigente (DPR 203/1988, DM 2 aprile

2002 n. 60). Tali decreti fissano infatti valori limite dei percentili delle concentrazioni medie orarie o giornaliere per i diversi inquinanti, cioè stabiliscono il numero massimo di ore o giorni durante i quali le concentrazioni in aria possono superare determinati valori di soglia. Nel caso in esame, i contributi dell'impianto ai suddetti parametri statistici dovrebbero essere determinati in base alle condizioni meteorologiche coincidenti con l'effettivo periodo di funzionamento. Non potendo però predeterminare tale periodo, l'assunzione di una emissione continua è necessaria, in quanto non si può escludere a priori che l'effettivo funzionamento dell'impianto coincida con le condizioni meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, tra quelle che potrebbero verificarsi nel corso dell'anno, naturalmente questa ipotesi risulta conservativa.

### **3.4 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO**

La scelta del modello di calcolo da utilizzare nello studio della dispersione degli inquinanti emessi dal camino è principalmente condizionata dalle caratteristiche del periodo temporale di simulazione da assumere per verificare la rispondenza ai limiti di legge. L'esigenza di determinare i percentili delle medie orarie delle concentrazioni di inquinanti al suolo richiede l'adozione di un modello di tipo "short-term", che consenta di valutare i valori medi orari delle concentrazioni.

Tra i diversi modelli disponibili è stato scelto il modello ISCST3 (Industrial Source Complex Short Term ver. 3), che risulta conforme alle caratteristiche richieste dall'applicazione in esame ed è uno dei modelli raccomandati dall'Environmental Protection Agency degli Stati Uniti.

Per analizzare particolari situazioni caratterizzate da scarsa ventosità, ci si è avvalsi di un modello dinamico tridimensionale di tipo diagnostico MINERVE 6.0, per la ricostruzione dei campi tridimensionali di vento su base oraria, e di modello lagrangiano a particelle SPRAY 3.0, per la ricostruzione della dispersione atmosferica e delle concentrazioni al suolo relative a diverse specie emesse da sorgenti puntuali, lineari ed areali.

### 3.4.1 ISC3

Il modello ISCST3 è classificato dall'EPA come "preferred" per una svariata tipologia di sorgenti e per siti ad orografia piana o leggermente ondulata e, come tecnica di "screening" per siti ad orografia complessa [4].

A livello nazionale l'utilizzo dei modelli EPA è stato consigliato dal gruppo di lavoro dell'Istituto Superiore di Sanità [5] e da ANPA [6].

Il modello ISCST utilizza un'equazione di tipo gaussiano stazionario (stazionarietà dei parametri meteorologici e di emissione) per la simulazione della diffusione del pennacchio emesso dalla sorgente ed è in grado di calcolare sia le concentrazioni che le deposizioni degli inquinanti. Il sovrainnalzamento del pennacchio, definito con il termine "plume rise", è calcolato con le formule di Briggs [7], [8] e [9]; la velocità del vento, necessaria al calcolo di questo parametro, è estrapolata alla quota di emissione con una legge di potenza. Per il calcolo dei parametri di diffusione, sia orizzontale ( $\sigma_y$ ) che verticale ( $\sigma_z$ ), possono essere utilizzate le curve di Pasquill-Gifford, valide per siti rurali, o le funzioni di Briggs-urban, per siti urbani.

Il modello ISCST è in grado di considerare contemporaneamente un numero illimitato di sorgenti di tipo puntuali, areali, e di volume; può quindi essere impiegato per la stima del contributo all'inquinamento atmosferico di sorgenti con caratteristiche fisiche differenti. Sorgenti di tipo lineare possono essere modellate come caso particolare delle sorgenti areali. Inoltre il modello ISCST è in grado di considerare effetti di scia dovuti al camino e a edifici situati in prossimità della sorgente di emissione. Nel primo caso ("stack-tip downwash"), condizioni meteorologiche caratterizzate da venti tesi possono portare al suolo pennacchi dotati di una debole spinta dinamica. Nel secondo caso ("building wake effects"), viene considerato invece l'effetto di distorsione del flusso causato dalla presenza di edifici di notevoli dimensioni e la possibilità che tale distorsione trascini il pennacchio al suolo.

Nel modello ISCST3 il trattamento dell'orografia, come tecnica di screening, avviene attraverso gli algoritmi del modello U.S. EPA COMPLEX-I, consentendo, inoltre, una gestione completamente integrata con le indicazioni contenute nelle già citate Guidelines EPA per quanto riguarda i siti in cui è presente sia terreno pianeggiante che orograficamente complesso. Infatti, come mostrato in figura 3/2, per ricettori che si trovano a quote intermedie, cioè quelli la cui quota è compresa tra la sommità del camino e l'asse di livellamento del pennacchio, l'ISCST3 applica sia l'algoritmo per

terreno piano sia l'algoritmo per terreno complesso e seleziona quello che tra i due produce l'impatto più elevato. Nel modello il trattamento del terreno complesso prevede un comportamento del pennacchio differente rispetto al terreno piano; in particolare l'algoritmo si basa sulle seguenti assunzioni:

- l'asse del pennacchio si mantiene alla quota di stabilizzazione quando passa sui rilievi montuosi in condizioni stabili (categorie E e F), mentre viene effettuata una correzione pari a metà altezza in condizioni instabili o neutre (categorie A, B, C e D);
- la quota dell'asse centrale del pennacchio rispetto al suolo non è mai inferiore a 10 m;
- l'altezza dello strato di rimescolamento segue l'orografia;
- modifica della distribuzione laterale con una distribuzione uniforme delle concentrazioni su un settore di ampiezza pari a 22.5°.

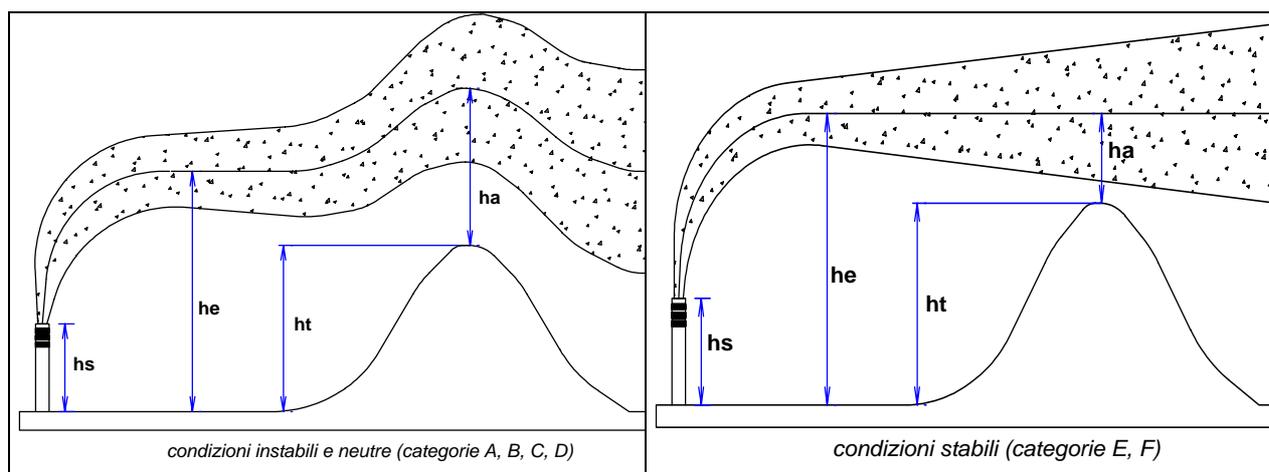


Figura 3/2 Interazione del pennacchio con l'orografia nel modello ISCST3

Si assume pertanto che, in condizioni di instabilità atmosferica, la complessità del terreno ed il susseguente generarsi di vortici termici, siano in grado di influenzare la quota di livellamento del pennacchio, contrariamente a quanto avviene in condizioni stabili (classi E ed F) nelle quali la quota di livellamento del pennacchio non è modificata dall'orografia e, quindi, il pennacchio può impattare direttamente al suolo. Tale caratteristica rende il modello un utile strumento di "screening" con caratteristiche di conservatività ed una generale tendenza alla sovrastima delle concentrazioni.

Nella tabella 3/3 vengono evidenziate le principali opzioni utilizzate per le simulazioni condotte con il modello ISCST3 (cfr. [10]).

Parametri dispersivi	Parametri di Pasquill Gifford
Dati meteorologici	Singola stazione
Tipo di terreno	Complesso
Routine per calma di vento	Considerata
Simulazione del plume rise	Considerata
Land Use	Terreno agricolo
Effetto scia della ciminiera	Considerato
Building downwash	Trascurato

Tabella 3/3 - Principali opzioni utilizzate nel modello ISC

### 3.4.2 I codici MINERVE e SPRAY

#### Codice MINERVE 6.0

Il codice MINERVE 6.0 [11] è un modello “mass-consistent” di tipo diagnostico in grado di ricostruire un campo di vento tridimensionale su terreno complesso. Opera essenzialmente in due fasi.

1. fase di interpolazione su un grigliato numerico che ricopre il dominio tridimensionale dei dati di vento forniti in input
2. fase di aggiustamento dove, applicando il principio di conservazione della massa in ogni cella del grigliato, viene prodotto un campo di vento non divergente su terreno complesso.

Per costruzione, il modello MINERVE 6.0 produce il migliore campo di vento a divergenza nulla che minimizza lo scostamento complessivo da un’iniziale interpolazione grezza delle misure disponibili. Il campo di vento così generato risulta essere tridimensionale, con una componente verticale che tiene conto sia della presenza della topografia che di contrasti nelle componenti orizzontali presenti nelle misure distribuite sul territorio in esame. La fase di aggiustamento consiste nella soppressione della divergenza presente nel campo interpolato, attraverso la minimizzazione del funzionale:

$$I(u, v, w, \lambda) = \int_V (u - u_0)^2 + (v - v_0)^2 + \alpha(w - w_0)^2 + \lambda \Delta \cdot \underline{u} \quad dV$$

con:  $u_0, v_0, w_0$  componenti del campo interpolato

$u, v, w$  " " " " del campo aggiustato

$\lambda$  moltiplicatore di Lagrange

$\Delta \cdot \underline{u}$  divergenza del vettore vento  $\underline{u} = (u, v, w)$

Il parametro  $\alpha$  consente di pesare diversamente l'aggiustamento delle componenti orizzontali e verticali della velocità del vento: con  $\alpha=1$  non c'è differenza nel grado di aggiustamento, mentre valori più piccoli/grandi di  $\alpha$  fanno sì che l'aggiustamento sia operante principalmente sulla componente orizzontale/verticale del campo di vento. Nella versione 6.0 del codice, è possibile costruire un campo tridimensionale di  $\alpha$  che tiene conto della stabilità in ogni cella del dominio, in funzione delle caratteristiche termiche, dinamiche e topografiche. Il modello è in grado inoltre di produrre campi tridimensionali di temperatura ed umidità attraverso un metodo interpolativo che tiene conto dei dati al suolo e di profilo eventualmente presenti.

### Codice SPRAY 3.0

SPRAY è un modello tridimensionale per la simulazione della dispersione di inquinanti in atmosfera in grado di tenere conto delle variazioni del flusso e della turbolenza atmosferica sia nello spazio (condizioni disomogenee) che nel tempo (condizioni non stazionarie) [12]. E' in grado di ricostruire campi di concentrazione determinate da sorgenti puntiformi, lineari, areali o volumetriche. L'inquinante è simulato da "particelle virtuali" il cui movimento è definito sia dal vento medio locale che da velocità casuali che riproducono le caratteristiche statistiche della turbolenza atmosferica. In questo modo, differenti parti del pennacchio emesso possono "vedere" differenti condizioni atmosferiche, permettendo simulazioni più realistiche in condizioni difficili da riprodurre con modelli tradizionali (calma di vento, inversione di temperatura con la quota, impatto con orografia complessa, dispersione in siti con forti discontinuità spaziali tipo terra-mare o città-campagna). La versione 3.0 del codice [13] consente la simulazione della dispersione, della deposizione secca ed umida e dell'eventuale decadimento radioattivo di specie attive. Il moto di ogni particella viene ricostruito utilizzando le equazioni:

$$x(t + \Delta t) = x(t) + u_x(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_x(t) = \overline{U_x}(t) + u'_x(t)$$

$$y(t + \Delta t) = y(t) + u_y(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_y(t) = \overline{U_y}(t) + u'_y(t)$$

$$z(t + \Delta t) = z(t) + u_z(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_z(t) = \overline{U_z}(t) + u'_z(t)$$

dove  $x$ ,  $y$ ,  $z$  rappresentano le coordinate cartesiane di ogni singola particella nel dominio tridimensionale e  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$  le componenti delle velocità, suddivise in parte media e fluttuazione turbolenta. La parte media, responsabile del trasporto degli

inquinanti, è ottenuta dal modello MINERVE 6.0 nel sistema di riferimento *terrain-following*  $x,y,s$ , in cui la coordinata verticale  $s$  è definita come:

$$s = \frac{z - z_g}{z_{top} - z_g}$$

dove  $z$  è la coordinata geometrica verticale,  $z_{top}$  l'altezza del dominio di calcolo e  $z_g(x,y)$  l'altezza dell'orografia. Le particelle interpolano linearmente il valore del vento nel punto  $x,y,z$  in cui si trovano utilizzando i valori di tali matrici. SPRAY 3.0 consente di simulare condizioni non stazionarie interpolando linearmente nel tempo il valore tra quelli di due matrici successive.

Le fluttuazioni turbolente  $u'_x$ ,  $u'_y$  e  $u'_z$ , responsabili della diffusione, sono determinate risolvendo le equazioni differenziali stocastiche di Langevin:

$$u'_i(t + \Delta t) = a_i(\vec{x}, \vec{u}(t), t) + b_i(\vec{x}, \vec{u}(t), t) \Delta \xi \quad ; \quad i = x, y, z$$

dove  $a$  e  $b$  sono funzioni della posizione e della velocità di ogni particella e dipendono dalle caratteristiche della turbolenza e dallo schema risolutivo utilizzato.

Per pilotare una simulazione di dispersione, il modello SPRAY utilizza principalmente:

- campi tridimensionali di vento forniti dal codice MINERVE;
- dati meteorologici e di uso del suolo necessari per la generazione delle variabili che descrivono la turbolenza. Viene fornita una serie temporale di dati di temperatura in prossimità del suolo, di radiazione solare globale, nuvolosità e pressione atmosferica in grado di coprire l'intero intervallo temporale della simulazione, e il gradiente medio di temperatura all'alba di ognuno dei giorni di simulazione, utilizzato per ricostruire l'altezza dello strato limite durante il periodo diurno;
- matrice di dati di uso del suolo, su un grigliato orizzontale corrispondente a quello dei dati di vento, in grado di descrivere la non omogeneità orizzontale del terreno nella risposta alla forzante radiativa solare e la conseguente disomogeneità nei campi di turbolenza che si vengono a determinare;
- dati di emissione, costituiti da una sequenza di informazioni sulla loro geometria e localizzazione spaziale, sulle quantità in massa emesse per ciascuna delle specie inquinanti prese in considerazione nella simulazione e sul numero di particelle da utilizzare. Ad ogni particella viene attribuita una massa per ogni specie, dipendente dalle caratteristiche della sorgente nel momento in cui viene emessa, simulando in questo modo condizioni non stazionarie.

### 3.5 FASE DI POST-PROCESSING

In base alle caratteristiche del modello ISC utilizzato, gli inquinanti considerati sono diversificati solo dal rateo di emissione, in quanto il modello trascura le possibili reazioni chimiche subite in atmosfera dal singolo inquinante gassoso. In particolare, per quanto riguarda gli ossidi di azoto, le simulazioni modellistiche consentono la stima delle concentrazioni di  $NO_x$ , mentre la legislazione pone limiti, oltre che su gli ossidi di azoto totali, anche per le concentrazioni di biossido di azoto ( $NO_2$ ). All'atto dell'emissione, generalmente l' $NO_2$  costituisce una frazione limitata (qualche percento) degli  $NO_x$ , costituiti principalmente da NO: l' $NO_2$  si forma, a partire dall'NO, attraverso reazioni chimiche che dipendono fortemente sia dalle condizioni meteorologiche sia dalle concentrazioni di ozono ( $O_3$ ) e degli idrocarburi presenti in atmosfera.

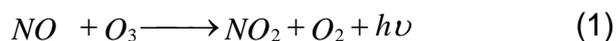
Inoltre, il codice ISC, essendo di tipo "short-term", per ciascun punto ricettore calcola le concentrazioni medie orarie ma non i relativi parametri statistici per il confronto con i valori limite espressi dalla normativa vigente.

#### 3.5.1 Formazione del biossido di azoto

Le emissioni di impianti di combustione contengono principalmente ossido di azoto NO, mentre l'emissione primaria di  $NO_2$  è limitata a qualche percento del totale degli  $NO_x$ .

Poiché gli standard di qualità dell'aria riguardano sia l' $NO_x$  che il solo  $NO_2$  è necessario fornire una valutazione dell'entità della formazione di quest'ultimo nelle zone circostanti l'impianto.

Le principali reazioni chimiche interessanti gli ossidi di azoto all'interno del pennacchio sono le seguenti:



A titolo conservativo, si può assumere che le reazioni citate pervengano entro il pennacchio istante per istante all'equilibrio fotostazionario (cioè la velocità di formazione del  $NO_2$  è pari a quella di fotodissociazione):

$$\frac{d[NO_2]}{dt} = 0, \quad \text{cioè} \quad \frac{k[NO][O_3]}{J[NO_2]} = 1 \quad (3)$$

(concentrazioni in volume)

Il valore della costante cinetica  $k$  di ossidazione di NO da parte dell'ozono è fornito dalla seguente espressione [14]:

$$k = 22,5 + 0,2 (t-21,5) \text{ ppm}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

dove  $t$  = temperatura dell'aria in °C.

Il valore della costante cinetica di fotodissociazione,  $J$ , è calcolabile dalla [15]:

$$J = J_{teor} \cdot R_{effettiva} / R_{massima}$$

dove:

- $J_{teor} = 0,01305 \cdot 60 \cdot \exp\left[-0,360 \cdot \frac{1}{\cos \alpha}\right] F(\alpha)$  in  $\text{min}^{-1}$ .
- $\cos(\alpha) = \sin \lambda \cdot \sin \beta + \cos \lambda \cdot \cos \beta \cos [\pi (h-12)/12]$
- $F(\alpha)$  = fattore di correzione per l'elevazione, assunto pari a 1 in quanto l'errore sistematico indotto è piccolo rispetto ad altre fonti di errore
- $\alpha$  = angolo del sole rispetto allo zenit
- $\lambda$  = latitudine
- $\beta$  = declinazione solare =  $23 \sin [2\pi / 365(g-82)]$  (gradi sessagesimali)
- $g$  = giorno dell'anno contato dal 1 gennaio (giorno giuliano)
- $h$  = ora locale
- $R_{eff}$  = radiazione effettiva, cioè quella misurata localmente
- $R_{max}$  = radiazione massima, per la stessa ora del giorno, corrispondente a cielo sereno.

Il rapporto  $J/k$  varia quindi in funzione dell'ora del giorno, per la variazione di  $K$  con la temperatura e di  $J$  con l'intensità della radiazione ultravioletta (nell'intervallo di lunghezza d'onda 290÷420 nm).

Assumendo che l'ozono venga prodotto e consumato solo dalle reazioni sopra indicate, vale la relazione (bilancio dell'ossidante durante la diluizione del pennacchio):

$$\{[\text{NO}_2] + [\text{O}_3]\}_{\text{pennacchio}} = \{[\text{NO}_2] + [\text{O}_3]\}_{\text{aria diluizione}} + p[\text{NO}_x] \quad (4)$$

dove  $p$  è uguale al rapporto  $[\text{NO}_2]/[\text{NO}_x]$  all'emissione; tale valore nelle emissioni dell'impianto considerato è variabile intorno a qualche percento ed è qui assunto pari al 2%. Si pone inoltre per definizione:

$$[\text{NO}_x] = [\text{NO}] + [\text{NO}_2] \quad (5)$$

Con queste ipotesi, assumendo di conoscere dal modello di dispersione la concentrazione di  $[\text{NO}_x]$  nel pennacchio e da misure sperimentali la concentrazione

{[NO<sub>2</sub>]+[O<sub>3</sub>]} nell'aria di diluizione, si può calcolare in ogni punto del pennacchio, e in particolare nelle zone di ricaduta, il rapporto considerando trascurabile la presenza di NO<sub>2</sub> nell'aria di diluizione:

$$f = \frac{[NO_2]}{[NO_x]} \quad , \text{ cioè la frazione di } NO_2 \text{ sul totale degli } NO_x$$

Infatti, risolvendo il sistema formato dalle equazioni (3), (4) e (5), si ha:

$$f = \frac{1}{2} \left[ b - \sqrt{b^2 - 4(p+r)} \right] \quad (6)$$

dove:

$$b = \frac{J}{k[NO_x]} + p + r + 1 \quad p = \frac{[NO_2]_{emissione}}{[NO_x]_{emissione}} \quad r = \frac{[O_3]_{aria\ diluizione}}{[NO_x]}$$

La stima così ottenuta è conservativa in quanto sia il non raggiungimento della fotostazionarietà, sia l'ulteriore ossidazione di NO<sub>2</sub> in HNO<sub>3</sub>, tendono a far diminuire la concentrazione di NO<sub>2</sub>.

Di notte si ha J=0, per cui è attiva la sola reazione di ossidazione di NO ad NO<sub>2</sub>, che porta alla sparizione dell'NO o dell'O<sub>3</sub> a seconda delle concentrazioni relative; la (6) risulta pertanto così semplificata:

$$\begin{aligned} f &= p + r & \text{se } p + r &\leq 1 \\ f &= 1 & \text{se } p + r &> 1 \end{aligned} \quad (7)$$

A partire dal calcolo modellistico di [NO<sub>x</sub>] è stata quindi calcolata, per ogni ora e per ogni punto ricettore, la concentrazione di NO<sub>2</sub> dalla:

$$[NO_2]_{ricettore} = f_{ricettore} \cdot [NO_x]_{ricettore}$$

dove il fattore di trasformazione  $f_{ricettore}$  è calcolato secondo la (6) o la (7) in funzione del giorno e dell'ora corrispondente all'input meteorologico orario al modello ISC3, ed in funzione della concentrazione [NO<sub>x</sub>]<sub>ricettore</sub> ottenuta in output dal modello stesso per quell'ora e quel ricettore. I parametri meteorologici orari necessari per poter applicare la formula suddetta per il fattore di trasformazione, sono pertanto: temperatura ambiente, radiazione solare e valori di ozono. Il calcolo viene quindi eseguito selezionando la concentrazione di ozono in funzione dell'ora del giorno e della stagione.

### 3.5.2 Calcolo dei parametri statistici

Il post-processore utilizzato elabora per ciascuno dei punti ricettori le concentrazioni medie orarie e fornisce le principali grandezze statistiche di interesse (valore medio, media mobile, valore massimo, percentile).

## 3.6 ANALISI DEI RISULTATI E CONFRONTO CON I LIMITI DI LEGGE

Sulla base delle suddette informazioni, sono state condotte le valutazioni modellistiche della dispersione al suolo di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e Polveri calcolando per ciascun inquinante la distribuzione al suolo delle concentrazioni riferite agli indici statistici previsti dalla normativa vigente in materia di limiti sulla qualità dell'aria. Per quanto riguarda il monossido di carbonio le emissioni dell'impianto risultano decisamente trascurabili, in quanto a fronte di un limite di legge sulle concentrazioni medie orarie di 40 mg/m<sup>3</sup>, i contributi massimi dell'impianto sono dell'ordine di qualche decina di µg/m<sup>3</sup>, cioè circa 3 ordini di grandezza inferiori. I risultati delle simulazioni effettuate sono descritti nel seguito.

### **Biossido di zolfo - SO<sub>2</sub>**

Nello studio di impatto sulla qualità dell'aria le emissioni di biossido di zolfo dovute agli esercizi delle due Centrali esaminate nella configurazione attuale di riferimento sono collegate ai gruppi termoelettrici di Sermide (SE1 & SE2) per il 66.7% e per il restante 33.3% al gruppo 4 di Ostiglia. Tale inquinante è assente nelle emissioni dei gruppi a ciclo combinato alimentati a gas naturale.

L'esame della figura 3/3, relativa al 98° percentile delle concentrazioni medie giornaliere presenta aree di ricaduta localizzate a Est e ad Ovest degli impianti emissivi esaminati, in accordo con le direzioni prevalenti dei venti. I valori più alti di 98° percentile, sono pari rispettivamente a 9.5 µg/m<sup>3</sup>.

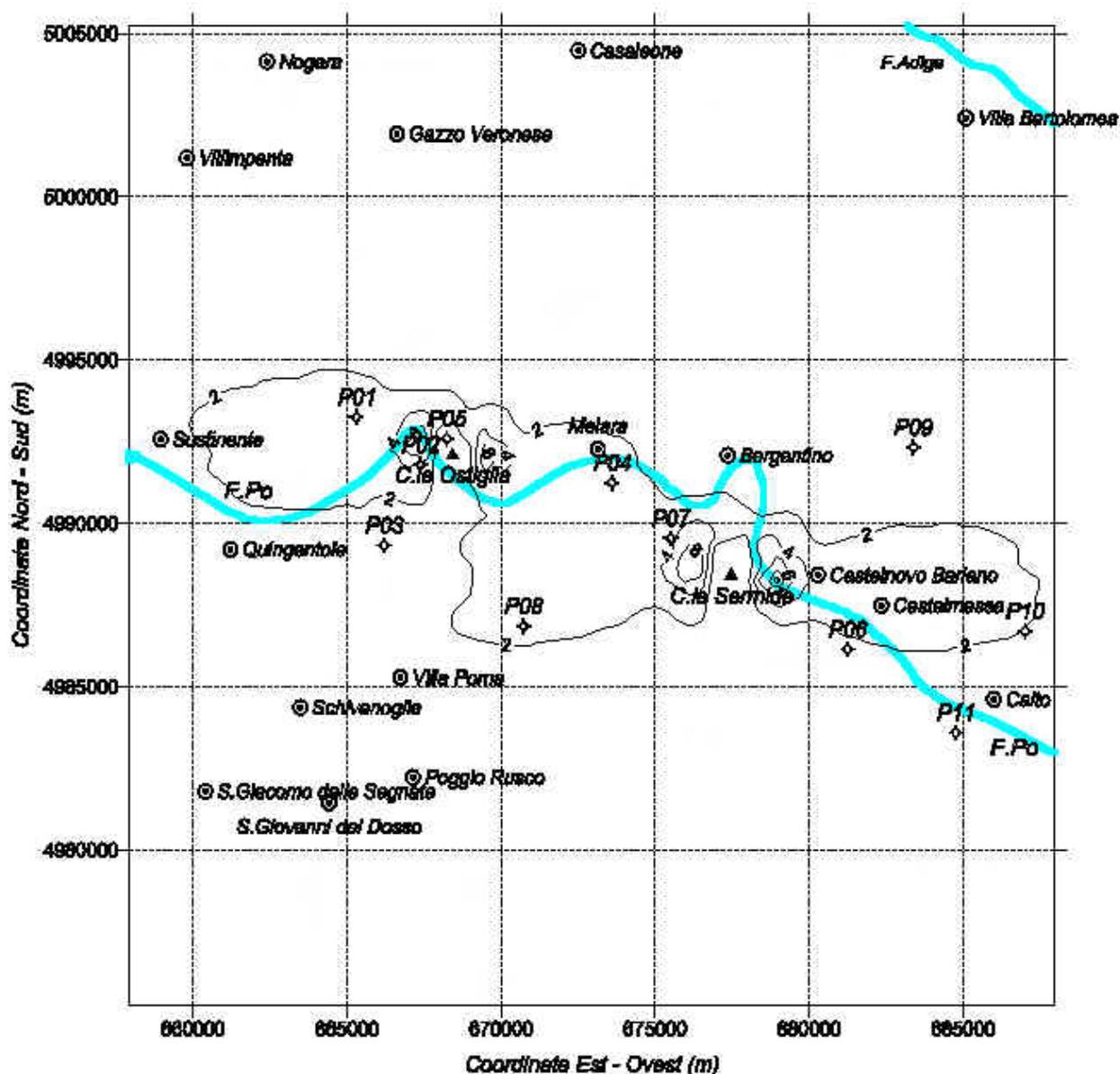


Figura 3/3 98° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di SO<sub>2</sub> - max = 9.5 µg/m<sup>3</sup>

Anche il confronto delle ricadute dovute all'impianto con i parametri definiti dal più stringente Decreto n. 60 del 2 aprile 2002, evidenzia concentrazioni massime ampiamente entro i nuovi limiti definiti sia per le concentrazioni medie giornaliere (Fig. 3/4) che per quelle medie orarie (Fig. 3/5).

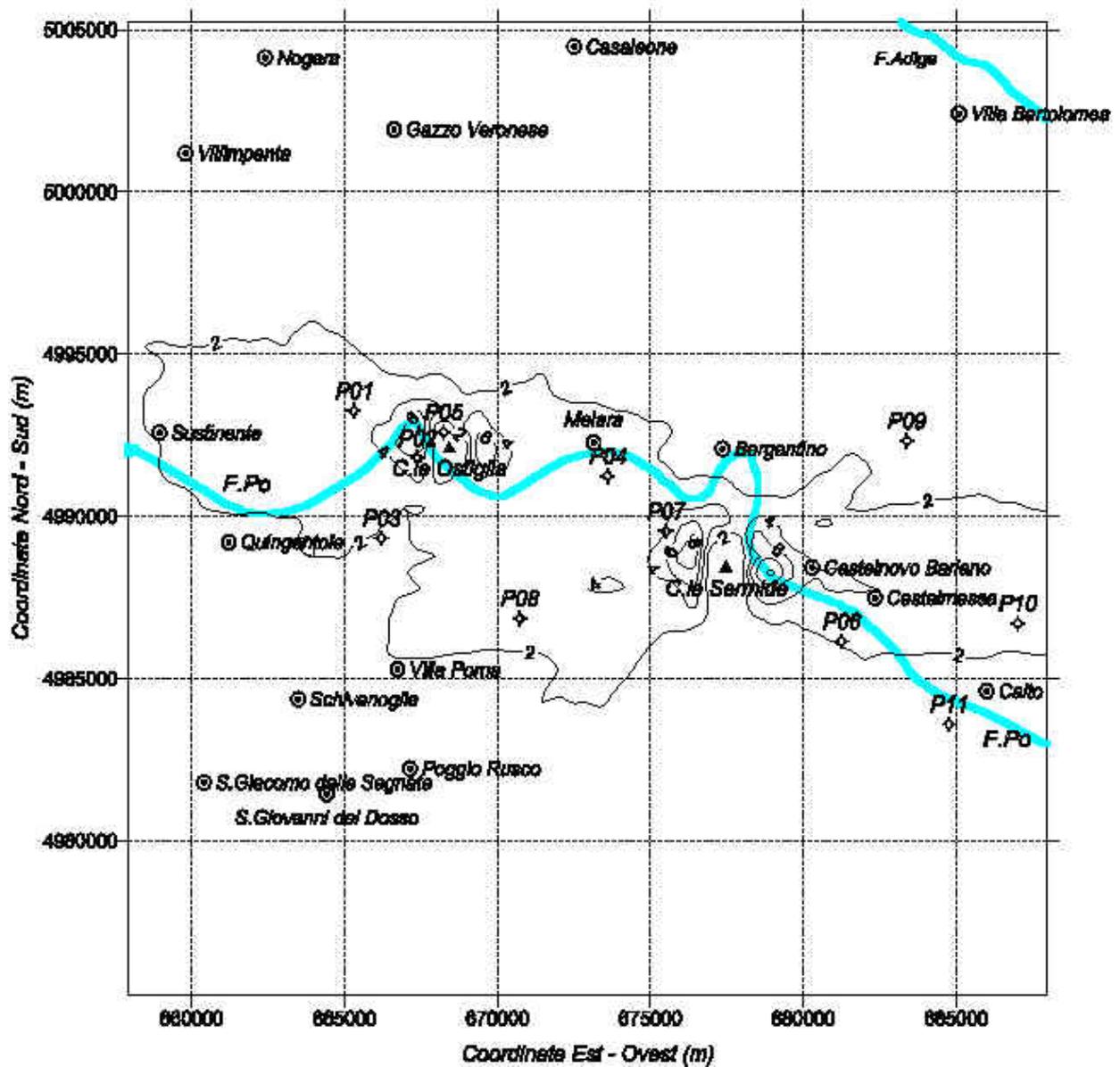


Figura 3/4 Concentrazione media giornaliera di SO<sub>2</sub> superata per 3 giorni/anno - max = 10.8 µg/m<sup>3</sup>

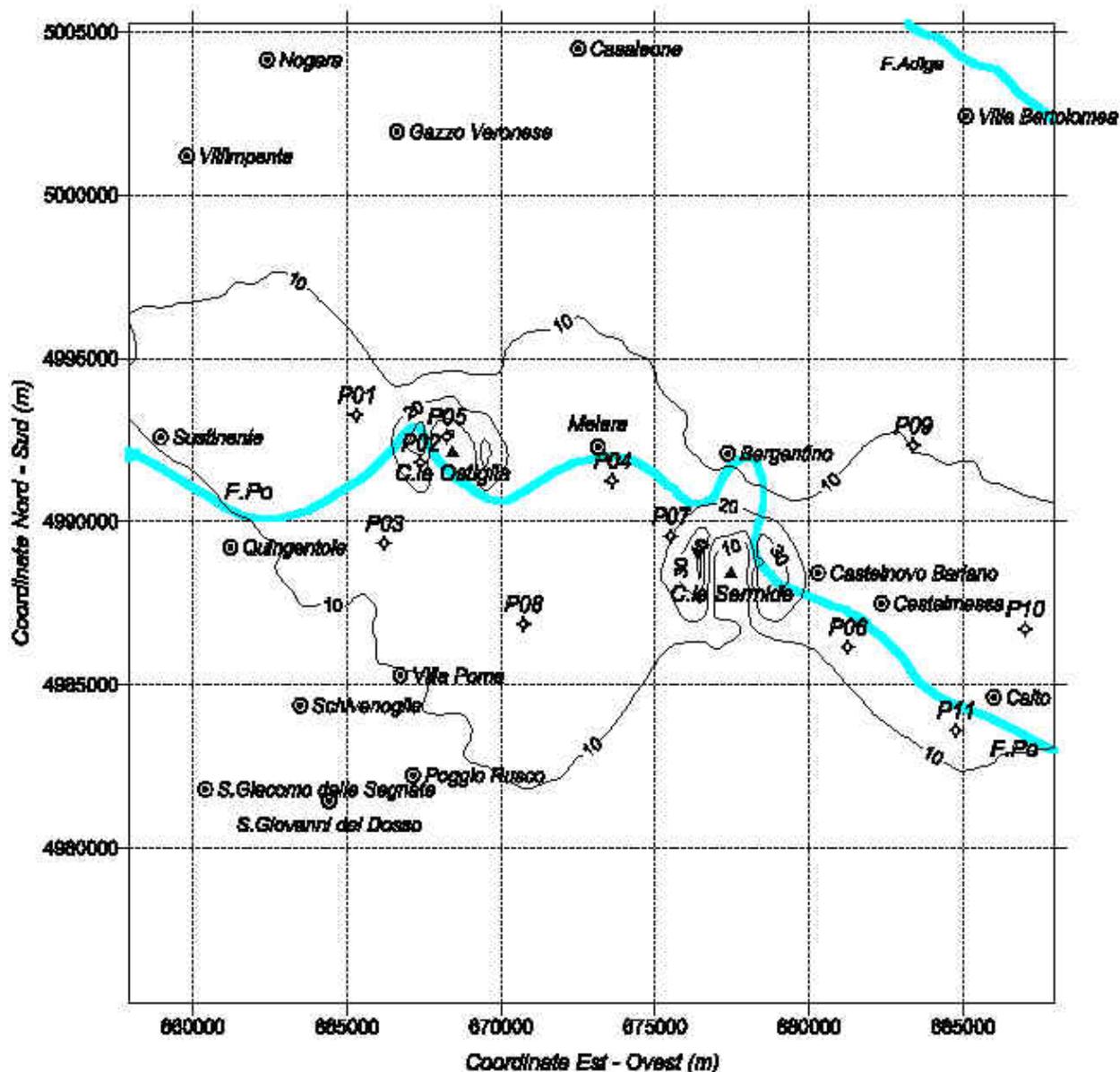


Figura 3/5 Concentrazione media oraria di SO<sub>2</sub> superata per 24h/anno - max = 40.0 µg/m<sup>3</sup>

Nella successiva tabella 3/4 sono riassunti e confrontati con i relativi limiti di legge i valori massimi calcolati dal modello per i diversi parametri definiti dalla normativa vigente.

Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> )		Limite	Attuale
Normativa	Parametro	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )
valore limite 203/88	50 percentile giornaliero	80	0.42
valore limite 203/88	98 percentile giornaliero	250	9.50
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Media annuale (Protezione ecosistemi)	20	1.26
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 3g/anno (percentile giornaliero 99.1781)	125	10.60
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 24h/anno (percentile orario 99.7260)	350	40.00

 Tabella 3/4 SO<sub>2</sub> - Confronto del limite di legge con i valori massimi calcolati dal modello

### Biossido di azoto - NO<sub>2</sub>

Nello studio di impatto sulla qualità dell'aria le emissioni di ossido di azoto dovute agli esercizi delle due Centrali esaminate nella configurazione attuale di riferimento sono dovute per il 57.4% all'impianto di Sermide e per il restante 42.6% a quello di Ostiglia. In particolare, il 44.6% delle emissioni di biossido di azoto è associata alle sezioni termoelettriche delle due centrali e il rimanente 55.4% ai relativi cicli combinati.

Il 98° percentile delle concentrazioni medie orarie di NO<sub>2</sub> (Fig. 3/6) evidenzia aree di massima ricaduta ubicate nelle immediate vicinanze ad Est sia della Centrale di Sermide che di Ostiglia, con valori massimi pari a 24.0 e 25.0 µg/m<sup>3</sup>.

I valori calcolati per il parametro da non superare per più di 18 ore/anno, come previsto dal Decreto n. 60 del 2 aprile 2002, sono mostrati in figura 3/7.

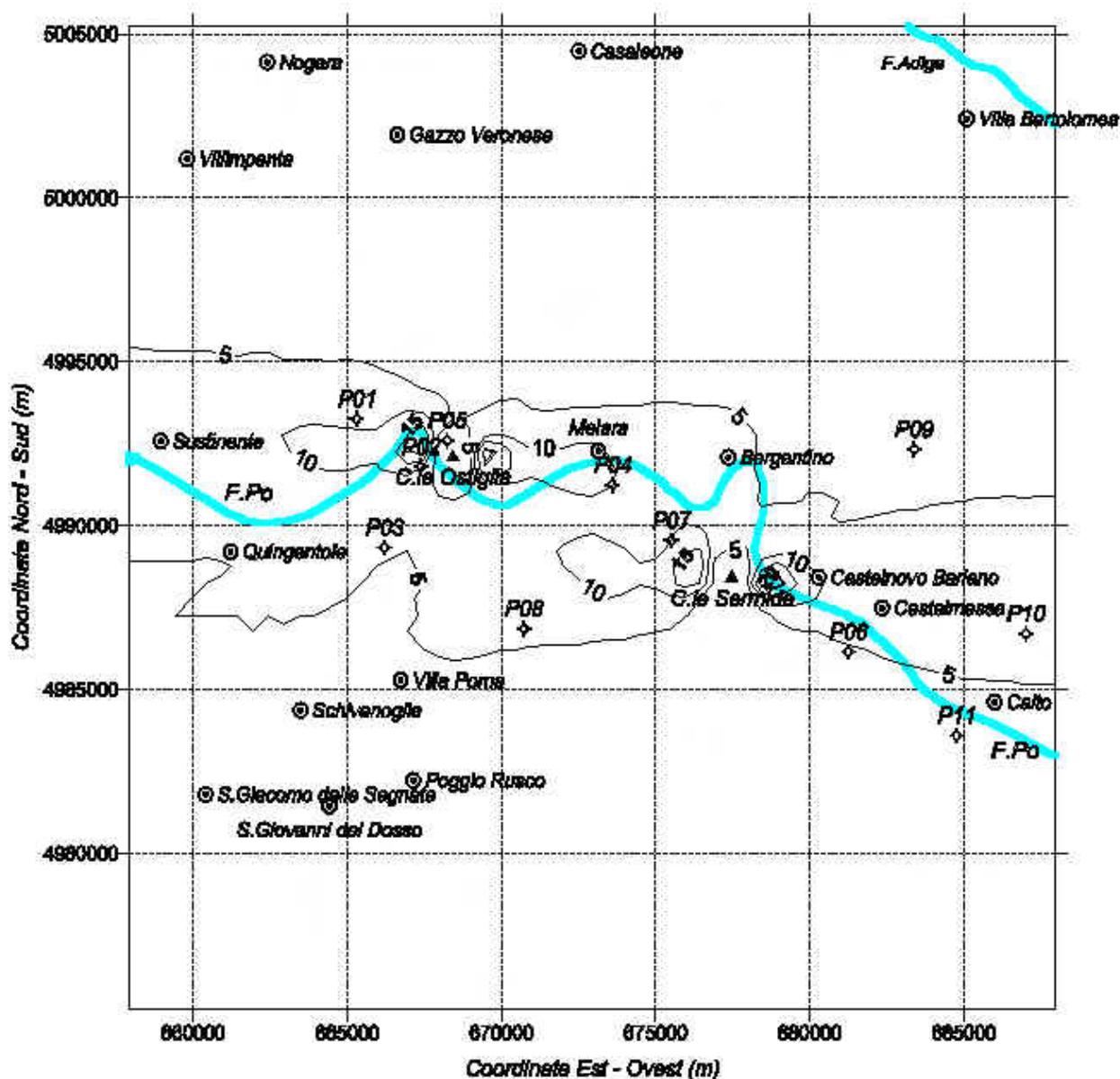


Figura 3/6 98° percentile delle concentrazioni medie orarie di  $\text{NO}_2$  - max =  $24.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Per quanto riguarda le concentrazioni medie annuali i valori calcolati si mantengono inferiori a  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sia per il biossido di azoto che per il complesso degli ossidi di azoto (Tab. 3/5 e Fig. 3/7).



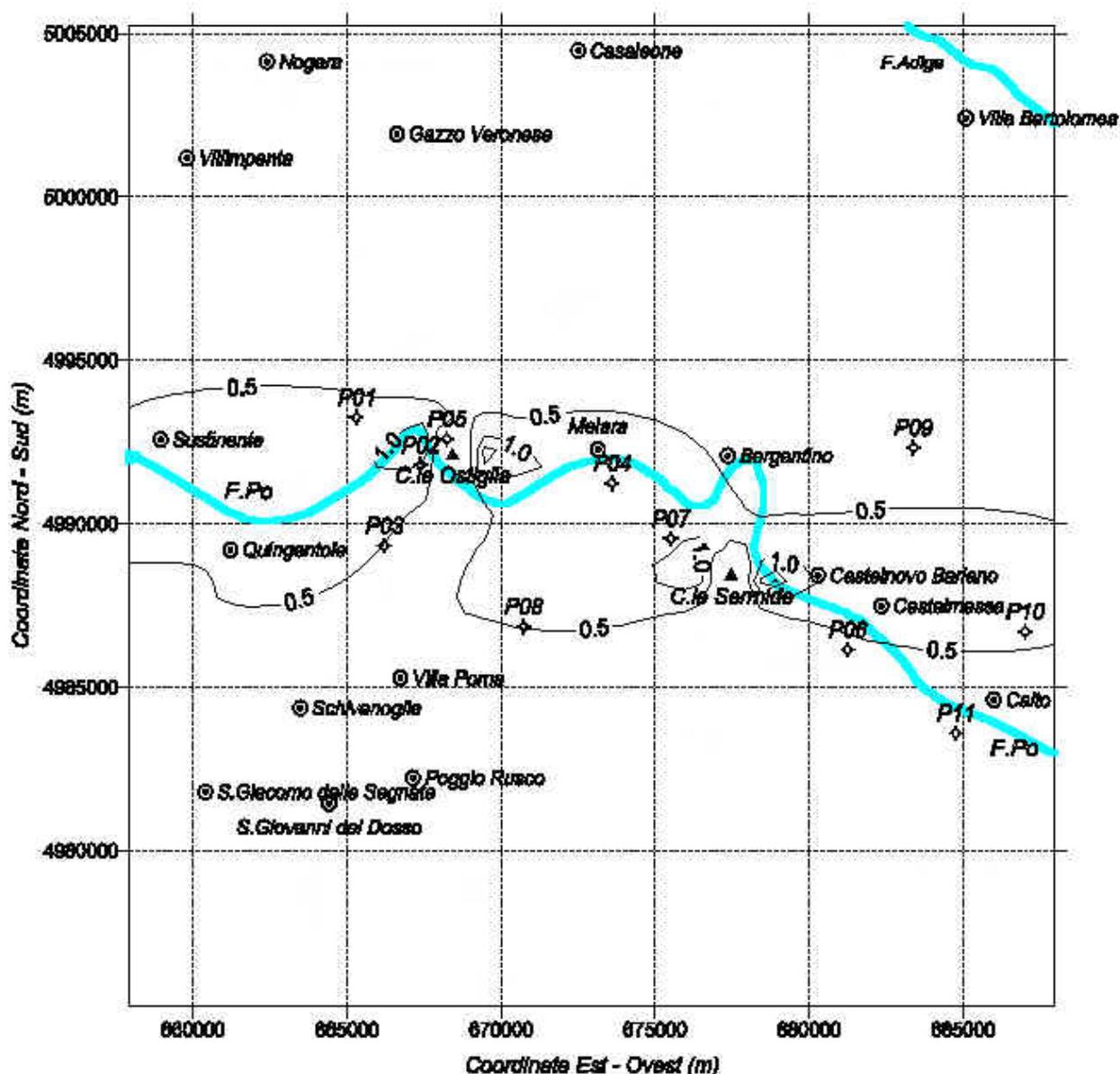


Figura 3/8 Concentrazione media annuale di NO<sub>x</sub> - max = 1.70 µg/m<sup>3</sup>

Nella successiva tabella 3/5 sono riassunti e confrontati con i relativi limiti di legge i valori massimi calcolati dal modello per i diversi parametri definiti dalla normativa vigente.

Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> )		Limite	Attuale
Normativa	Parametro	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )
valori guida 203/88	50 percentile orario	50	-
valore limite 203/88	98 percentile orario	200	24.00
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Media annuale	40	1.29
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 18h/anno (percentile orario 99.7945)	200	43.00
Ossidi di azoto totali (NO <sub>x</sub> )			
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Media annuale (Protezione vegetazione)	30	1.73

 Tabella 3/5 NO<sub>2</sub> Confronto del limite di legge con i valori massimi calcolati dal modello

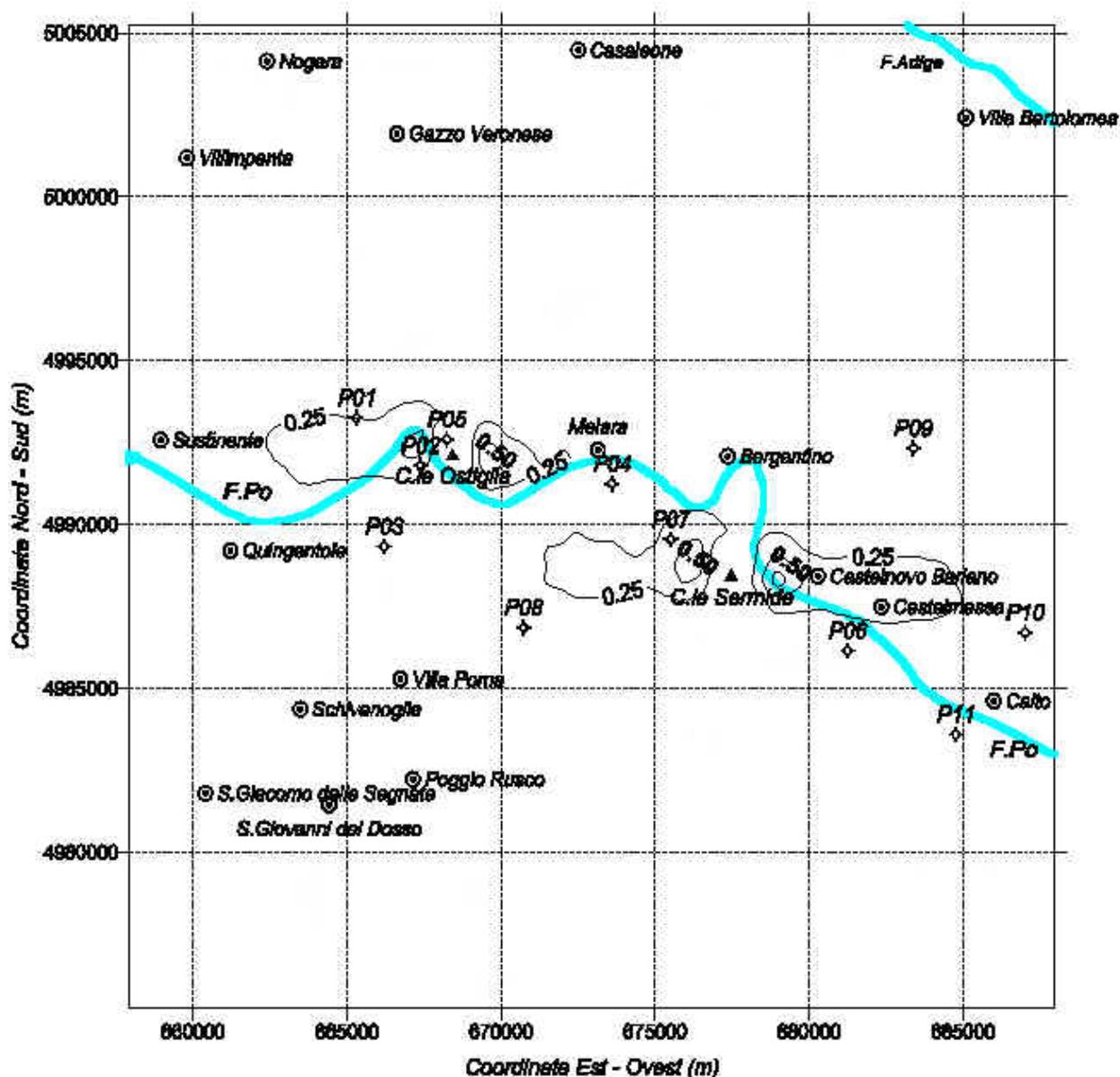
## Particolato

Nello studio di impatto sulla qualità dell'aria le emissioni di particolato dovute agli esercizi delle due Centrali esaminate nella configurazione attuale di riferimento sono dovute al 66.7% all'impianto di Sermide e per il restante 33.3% a quello di Ostiglia.

Tutto il particolato emesso è stato considerato come particolato fine, cioè di diametro inferiore ai 10 µm. Con questa ipotesi le concentrazioni medie annue stimate si attestano su valori massimi attorno a 0.2 µg/m<sup>3</sup>.

Anche nel caso del 95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di particolato totale (Fig. 3/9) si calcolano valori inferiori a 1 µg/m<sup>3</sup>.

Il confronto dei valori calcolati con gli indici statistici definiti dalla normativa vigente evidenzia contributi dell'impianto agli standard di qualità dell'aria di oltre un ordine di grandezza inferiori ai rispettivi standard. Nella successiva tabella 3/6 sono riassunti e confrontati con i relativi limiti di legge i valori massimi calcolati dal modello per i diversi parametri definiti dalla normativa vigente.


 Figura 3/9 95° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PTS – max = 0.87  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Particolato fine (PM <sub>10</sub> )		Limite	Attuale
Normativa	Parametro	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
DM 2 Apr 2002 n.60	Media annuale - Fase1	40	0.158
DM 2 Apr 2002 n.60	Media annuale - Fase2	20	0.158
DM 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 35g/anno – Fase 1 (percent. giornaliero 90.4110)	50	0.59
DM 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 7g/anno – Fase 2 (percent. giornaliero 98.0822)	50	1.19
Particolato Totale Sospeso (PTS)			
valore limite 203/88	95 percentile giornaliero	300	0.87

Tabella 3/6 Particolato - Confronto del limite di legge con i valori massimi calcolati dal modello

## Deposizioni e accumulo di inquinanti al suolo

La deposizione al suolo degli inquinanti atmosferici primari e secondari segue due vie principali, quella "secca" e quella "umida". La prima rappresenta un processo di trasferimento diretto dall'aria al suolo ed è assunta proporzionale (con costanti di proporzionalità funzione della specie chimica, della natura del terreno e delle condizioni meteorologiche) alle concentrazioni in aria al suolo. La seconda implica la precipitazione o, almeno, la presenza di acqua nello stato liquido o solido. L'importanza relativa dei due flussi varia fortemente nel tempo e nello spazio.

La deposizione al suolo di inquinanti gassosi e di particolato fine può avvenire fondamentalmente attraverso tre modalità: quella secca, sempre presente e legata ai cicli giornalieri e stagionali per mezzo della velocità di deposizione, quella umida presente durante i fenomeni meteorici e legati ai fattori di scavenging e quella occulta presente solamente durante i fenomeni di nebbia, foschia o nubi basse legata soprattutto alla capacità di cattura da parte delle goccioline d'acqua presenti in atmosfera e del successivo impatto delle stesse con la superficie dovuto alla deposizione per via gravitazionale. Il computo della deposizione totale avviene quindi effettuando la somma delle deposizioni che avvengono sotto queste tre forme. L'importanza relativa dei flussi per via secca e umida varia fortemente nel tempo e nello spazio. Nei climi secchi o in aree forestali in cui la chioma degli alberi cattura efficacemente gas e aerosoli, predomina la deposizione secca che può influenzare sia aree vicine alle sorgenti di emissione che aree a distanze molto lunghe. La deposizione umida prevale invece nei climi umidi ed in regioni remote, ed ha un'influenza molto maggiore nelle immediate vicinanze dei punti di emissione. In un clima di tipo temperato, quale il nostro, al di là delle differenze legate alla specificità dell'inquinante, la deposizione secca e quella umida rivestono in generale un'importanza paragonabile, la prima soprattutto per la persistenza del fenomeno e la seconda per l'intensità; viene considerata invece trascurabile la deposizione per via occulta, in quanto tali fenomeni sono sempre eventi percentualmente poco rilevanti.

Nel seguito si presentano i risultati delle simulazioni eseguite per la valutazione delle deposizioni totali annue (seche + umide) derivanti dal funzionamento a pieno carico della Centrale nella configurazione di riferimento. In particolare il calcolo è stato eseguito fornendo in input un set di dati meteorologici composto da 34176 record orari corrispondenti a 1424 giorni completi, equamente ripartiti tra i vari mesi estratti dai rilevamenti eseguiti dalla stazione meteorologica della centrale nel periodo compreso

tra il 1997 e il 2001, in modo da coprire in modo rappresentativo tutte le condizioni meteorologiche stagionali.

Le valutazioni sono state condotte per i gas, biossido di zolfo e ossidi di azoto (considerando l'emissione come biossido di azoto - NO<sub>2</sub>) e per il particolato totale. Per l'SO<sub>2</sub> ed il particolato le mappe di deposizione totale ottenute sono frutto della sovrapposizione delle mappe di deposizione secca e umida, mentre per gli ossidi di azoto la deposizione totale equivale a quella secca, in quanto i fattori di scavenging per questo inquinante sono da considerarsi trascurabili [16].

Le mappe su base annuale di seguito riportate, prendono in considerazione che l'apporto alla deposizione totale per via umida e via secca ha caratteristiche diverse e riveste un'importanza differente in funzione dell'inquinante in esame. La deposizione umida essendo fortemente legata ad eventi episodici, quali le precipitazioni, mostra un pattern uniformemente distribuito intorno al luogo di emissione con i massimi delle ricadute nelle immediate vicinanze dell'impianto a causa dei fenomeni di dilavamento del pennacchio. Al contrario le deposizioni secche sono nulle intorno all'impianto e mostrano un pattern legato alla distribuzione delle concentrazioni, i massimi di deposizione si riscontrano più o meno in corrispondenza dei massimi di concentrazione in aria al suolo. L'influenza relativa delle due forme di deposizione è differente tra gli inquinanti, con l'NO<sub>2</sub> che non ha deposizione umida, mentre per l'SO<sub>2</sub> e le polveri si ha un'influenza predominante della deposizione umida nei dintorni dell'impianto. I valori massimi di deposizione coincidono per l'SO<sub>2</sub> e le polveri con i massimi di deposizione umida, e si riscontrano nelle immediate vicinanze dell'impianto, mentre i massimi di deposizione per NO<sub>2</sub> riguardano la deposizione secca e si riscontrano in corrispondenza dei massimi di concentrazione.

La tabella 3/7 riassume i valori massimi di deposizione totale annuale, calcolati nei punti di massima ricaduta, espressi in g/m<sup>2</sup>/anno e nelle figure successive (Fig. 3/10÷16) sono rappresentate le distribuzioni spaziali delle deposizioni annuali al suolo, espresse in mg/m<sup>2</sup>/anno, per i diversi inquinanti.

COMPOSTO	ATTUALE (g/m <sup>2</sup> /anno)
Ossidi di Zolfo (espressi come S equivalente)	8.61
Particolato	12.38
Ossidi di Azoto (espressi come N equivalente)	1.00

Tabella 3/7 - Valori massimi di deposizione totale annuale

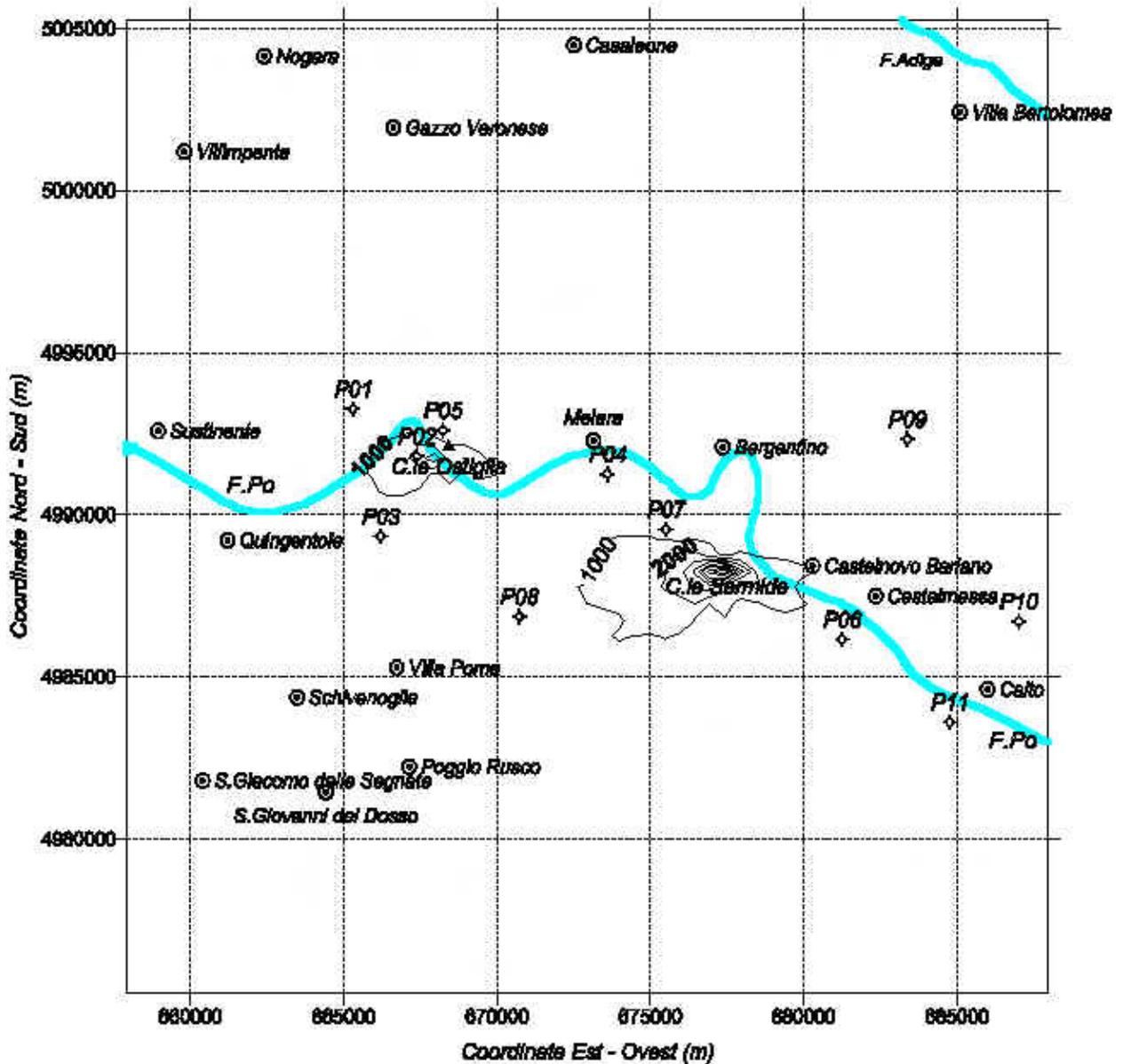


Figura 3/10 - Deposizioni Totali di SO<sub>2</sub> – Valori in mg/m<sup>2</sup>/anno espressi come Zolfo equivalente

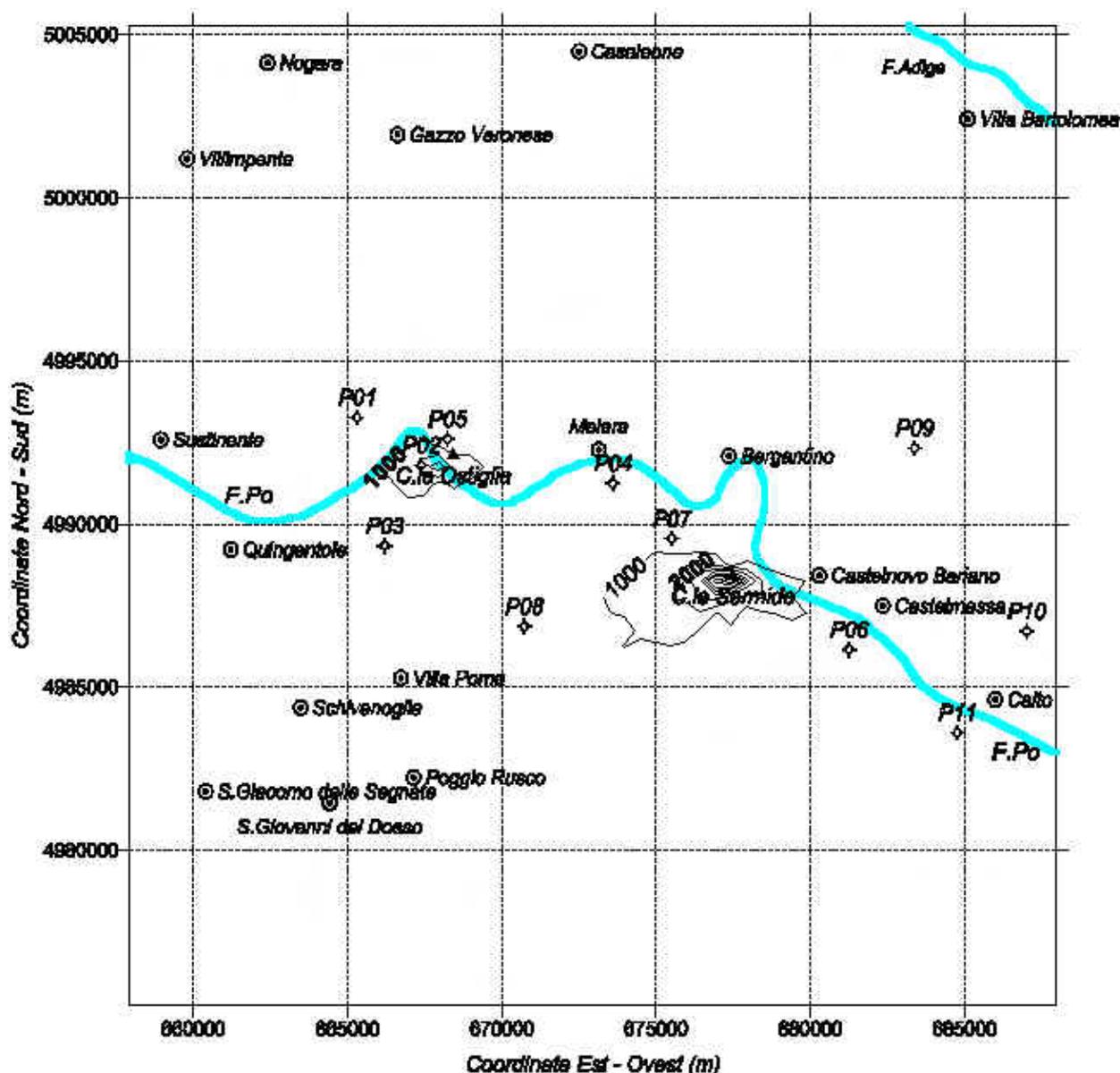


Figura 3/11 Deposizioni Umide di SO<sub>2</sub> – Valori in mg/m<sup>2</sup>/anno espressi come Zolfo equivalente

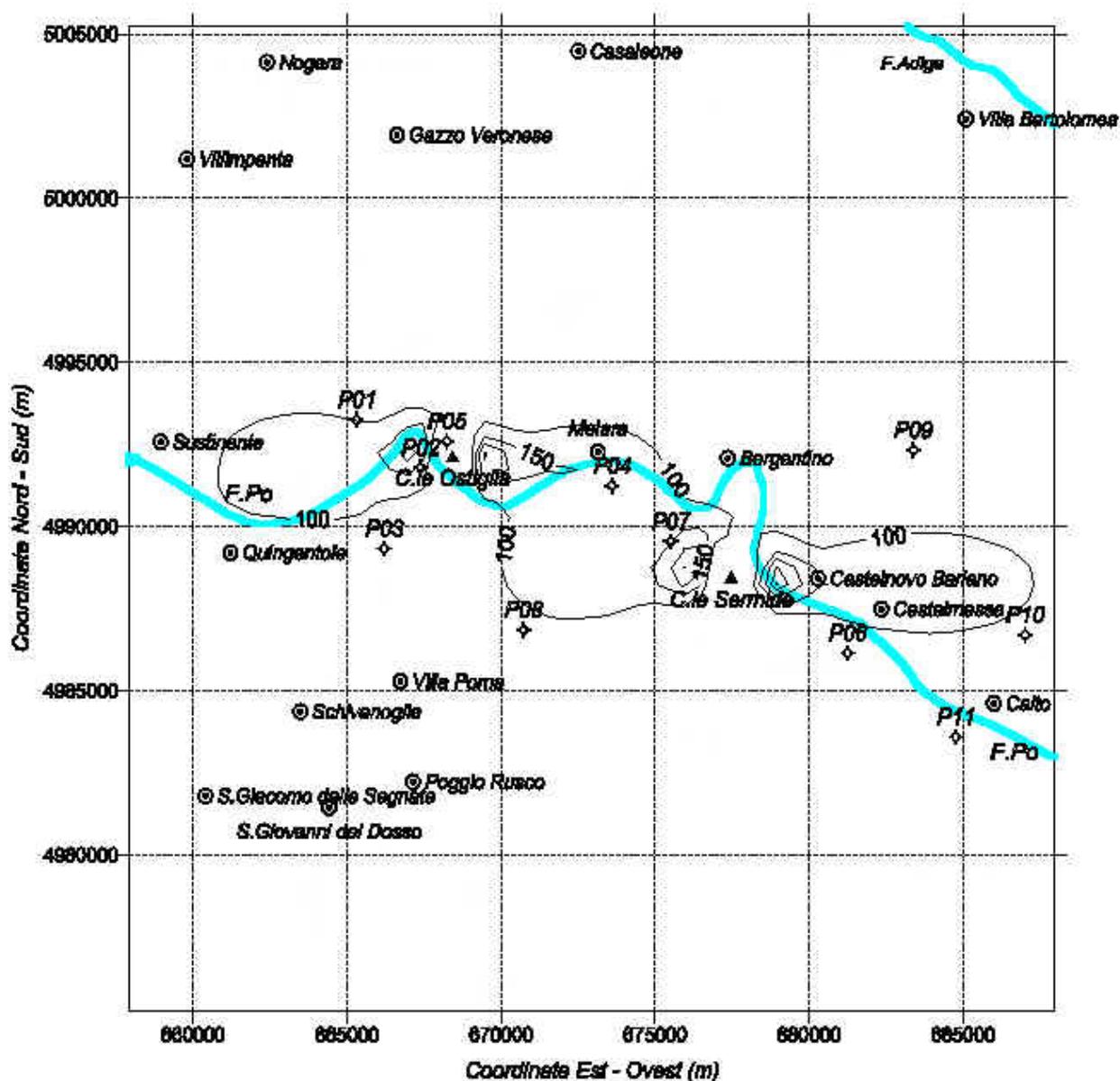


Figura 3/12 Deposizioni Secche di SO<sub>2</sub> – Valori in mg/m<sup>2</sup>/anno espressi come Zolfo equivalente

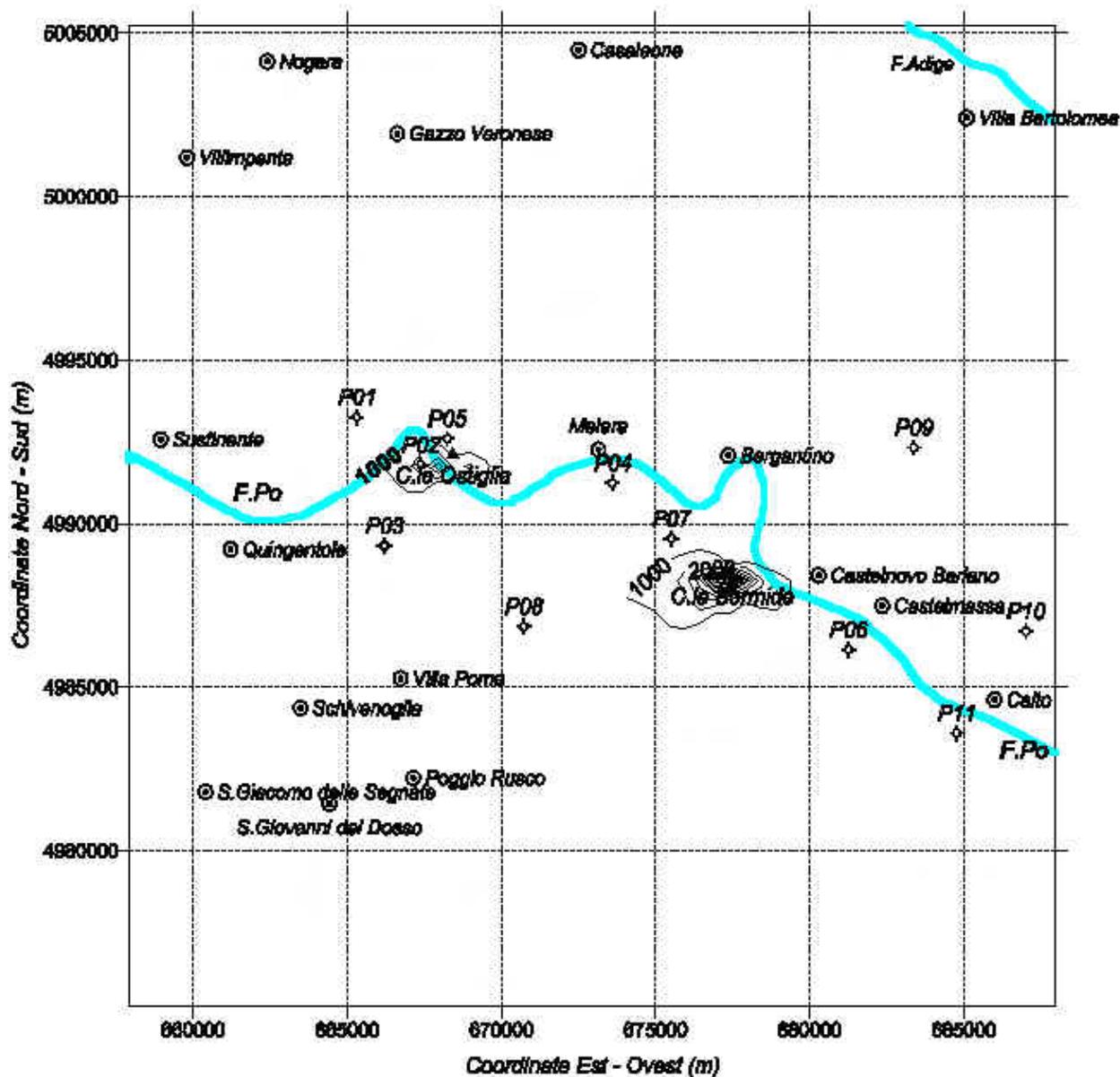


Figura 3/13 Deposizioni Totali di PTS – Valori in mg/m<sup>2</sup>/anno

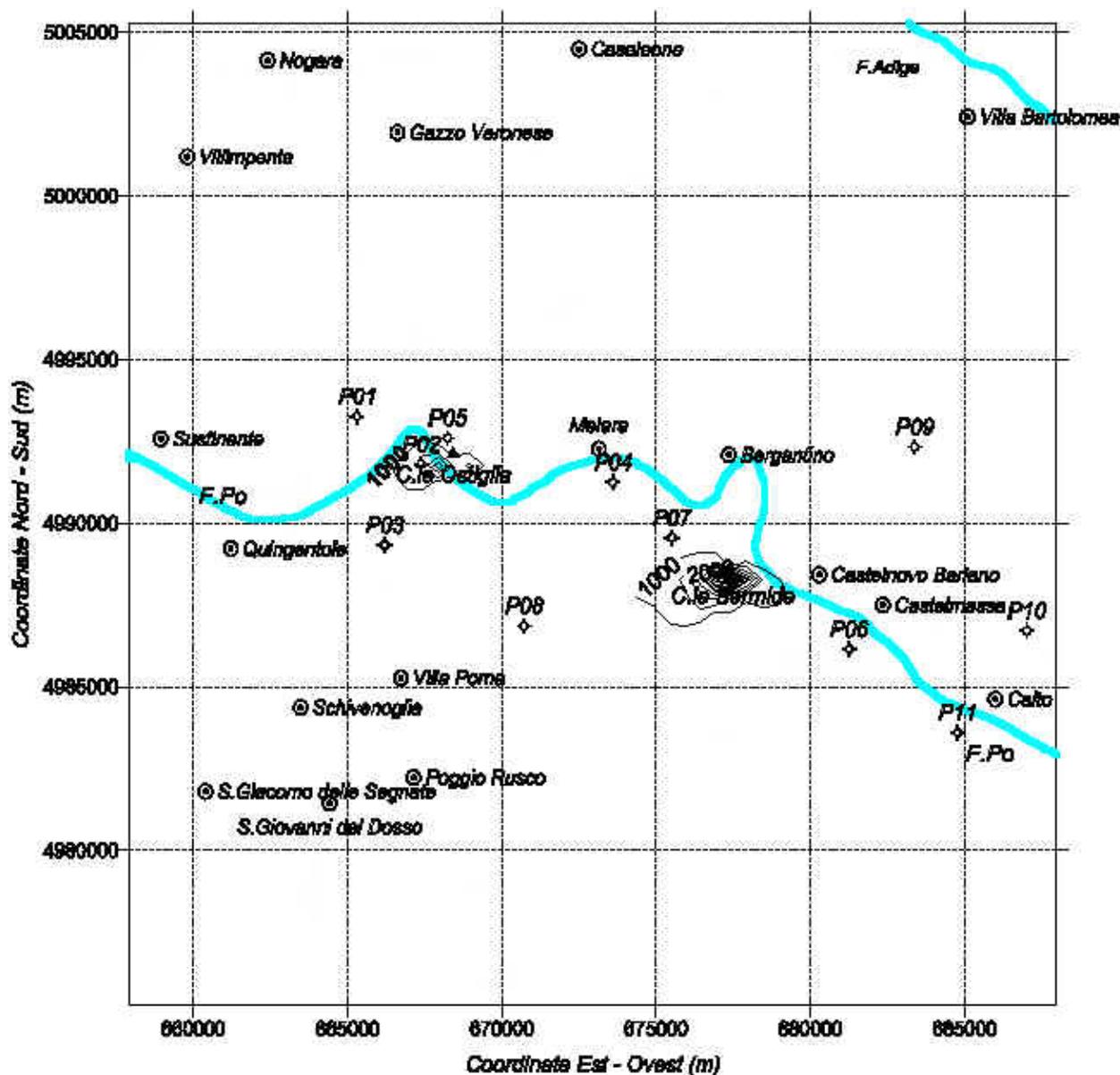


Figura 3/14 Deposizioni Umide di PTS – Valori in  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{anno}$

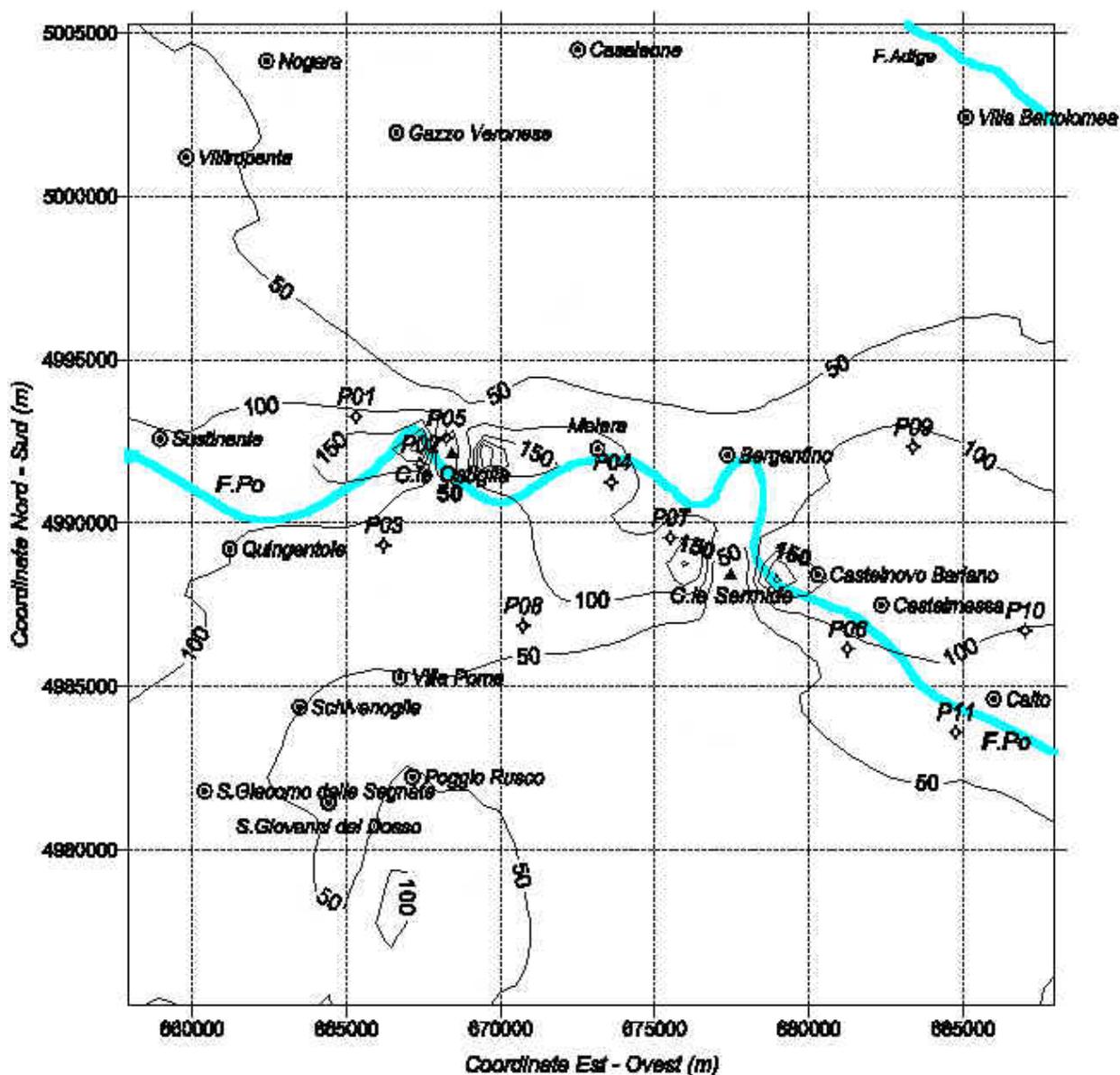


Figura 3/15 Deposizioni Secche di PTS – Valori in mg/m<sup>2</sup>/anno

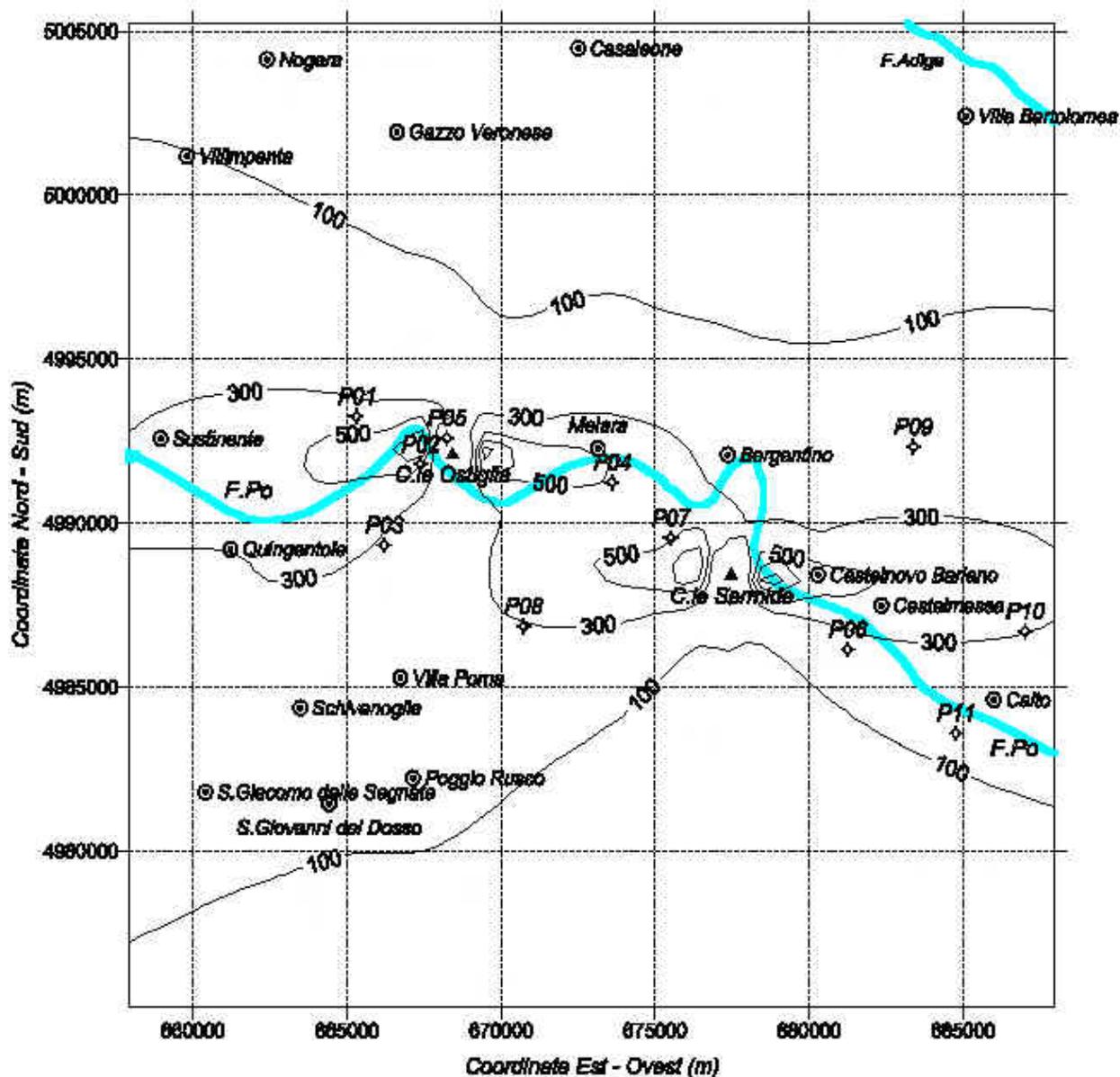


Figura 3/16 Deposizioni di NO<sub>x</sub> – Valori in mg/m<sup>2</sup>/anno espressi come Azoto equivalente

### Concentrazioni e deposizioni di metalli pesanti

La valutazione delle ricadute dei metalli pesanti, in termini sia di concentrazione in aria che di deposizione al suolo, è stata effettuata partendo dalla caratterizzazione delle concentrazioni medie dei metalli in emissione per le sezioni termoelettriche della Centrale di Sermide e di Ostiglia (Tab. 3/8). Tali valori derivano da misure specifiche effettuate su gruppi termoelettrici simili a quelli oggetto di studio. Per confronto sono riportati i limiti di legge, secondo il Decreto Ministeriale 12 luglio 1990 "Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione", validi fino al 31 dicembre 2007, e quelli previsti a partire dal 1 gennaio 2008 dal D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152.

Inquinante	concentrazione metalli pesanti in emissione $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	D.M 12/07/1990 limite di legge $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (fino al 31-12-2007)
As	2.7	1000
Be	1.1	100
Cd	0.3	200
Co	6.7	1000
Cr	4.8	1000
Cu	8.7	10000
Hg	1.1	200
Mn	6.4	10000
Ni tot	53.8	2000
Pb	5.1	10000
Pd	0.5	10000
Pt	0.2	10000
Rh	0.2	10000
Sb	0.6	10000
Se	4.9	2000
Sn	1.5	10000
Te	0.3	2000
Tl	0.5	200
V	12.1	10000

Inquinante	D.Lgs 152/2006 limite di legge $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (dal 01-01-2008)
Be	50
Cd + Hg + Tl	100
As + Cr (VI) + Co + Ni (frazione respirabile ed insolubile)	50
Se + Te + Ni (sotto forma di polvere)	1000
Sb + Cr (III) + Mn + Pd + Pb + Pt + Cu + Rh + Sn + V	5000

Tabella 3/8 Concentrazioni in emissione utilizzate nelle valutazioni

Per i metalli pesanti riportati nella precedente tabella è stata calcolata la distribuzione al suolo delle concentrazioni medie annuali in aria e la deposizione totale annua. Nella tabella 3/9 sono riportati i valori calcolati nel punto di massima ricaduta.

<b>Deposizioni totale annua</b>				
<b>Concentrazioni e deposizioni nel punto di massima ricaduta</b>				
<b>Conc. medie annuali</b>			<b>Dep. totale annua</b>	
<b>Metallo</b>	<b>pg/m<sup>3</sup></b>		<b>Metallo</b>	<b>mg/m<sup>2</sup></b>
As	8.52		As	0.668
Be	3.62		Be	0.284
Cd	0.83		Cd	0.065
Co	21.22		Co	1.662
Cr	15.12		Cr	1.184
Cu	27.48		Cu	2.153
Hg	3.44		Hg	0.270
Mn	20.05		Mn	1.571
Ni tot	169.70		Ni tot	13.296
Pb	16.07		Pb	1.259
Pd	1.46		Pd	0.115
Pt	0.76		Pt	0.059
Rh	0.63		Rh	0.049
Sb	1.82		Sb	0.143
Se	15.43		Se	1.209
Sn	4.70		Sn	0.368
Te	1.07		Te	0.084
Tl	1.70		Tl	0.134
V	38.14		V	2.988

Tabella 3/9 Valori massimi assoluti calcolati per la concentrazione media annuale e la deposizione totale annua

La distribuzione al suolo delle aree di ricaduta risulta essere la stessa indicata per i valori medi annuali degli ossidi di azoto, precedentemente considerati. Questo avviene perché i processi di dispersione sono gli stessi per i diversi composti considerati.

Le mappe successive (Figg. 3/17÷18) illustrano la distribuzione sul territorio delle concentrazioni medie annuali in aria e delle deposizioni totali annue per il nichel.

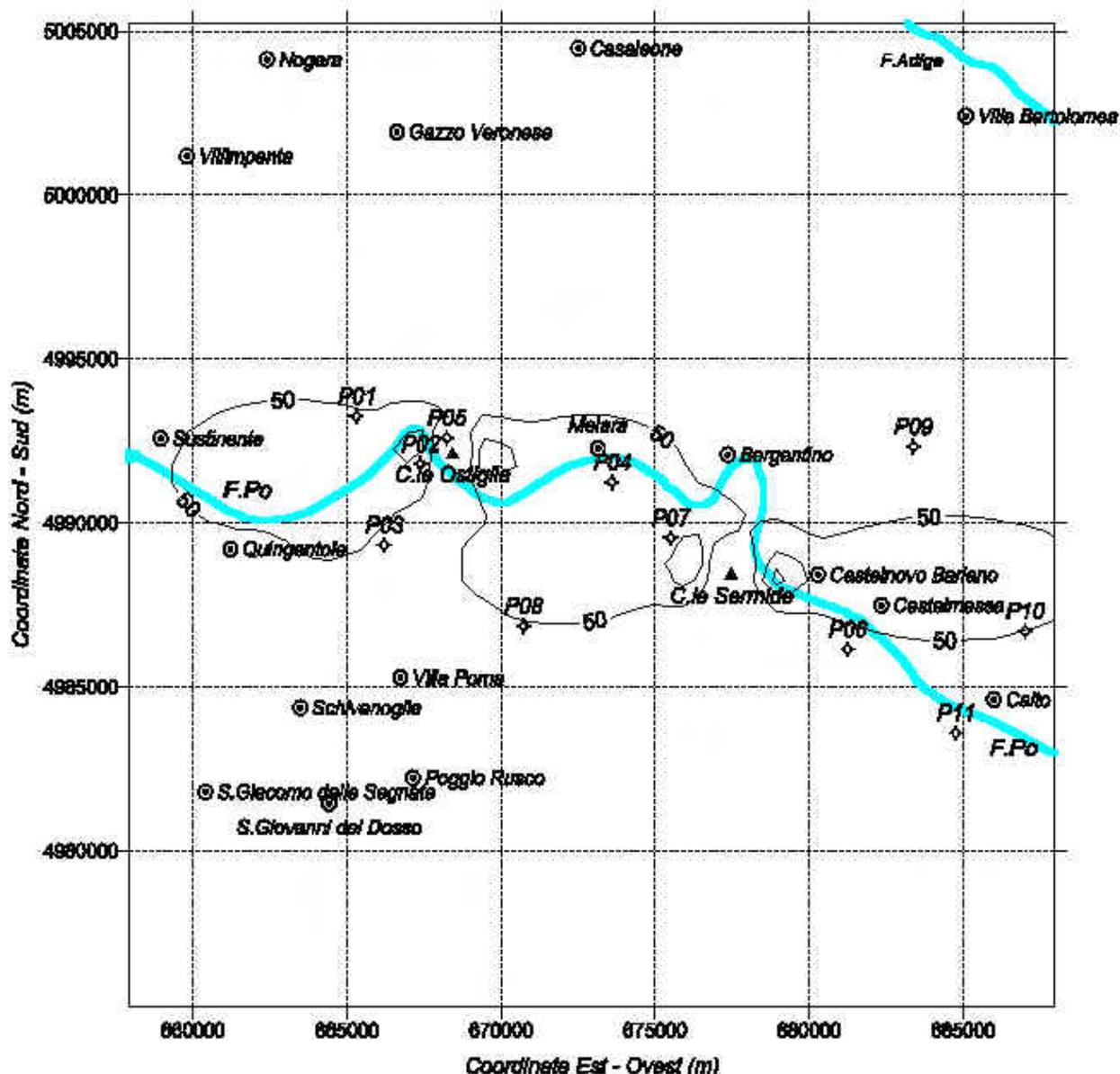


Figura 3/17 Concentrazione media annuale di Nichel ( $\text{pg}/\text{m}^3$ ) - max =  $169.7 \text{ pg}/\text{m}^3$

Poiché i processi di dispersione sono gli stessi, la distribuzione spaziale delle concentrazioni e deposizioni degli altri inquinanti può essere ottenuta moltiplicando i valori delle curve per il rapporto tra la concentrazione massima per l'inquinante di interesse e quella del nichel indicata nella tabella 3/10.

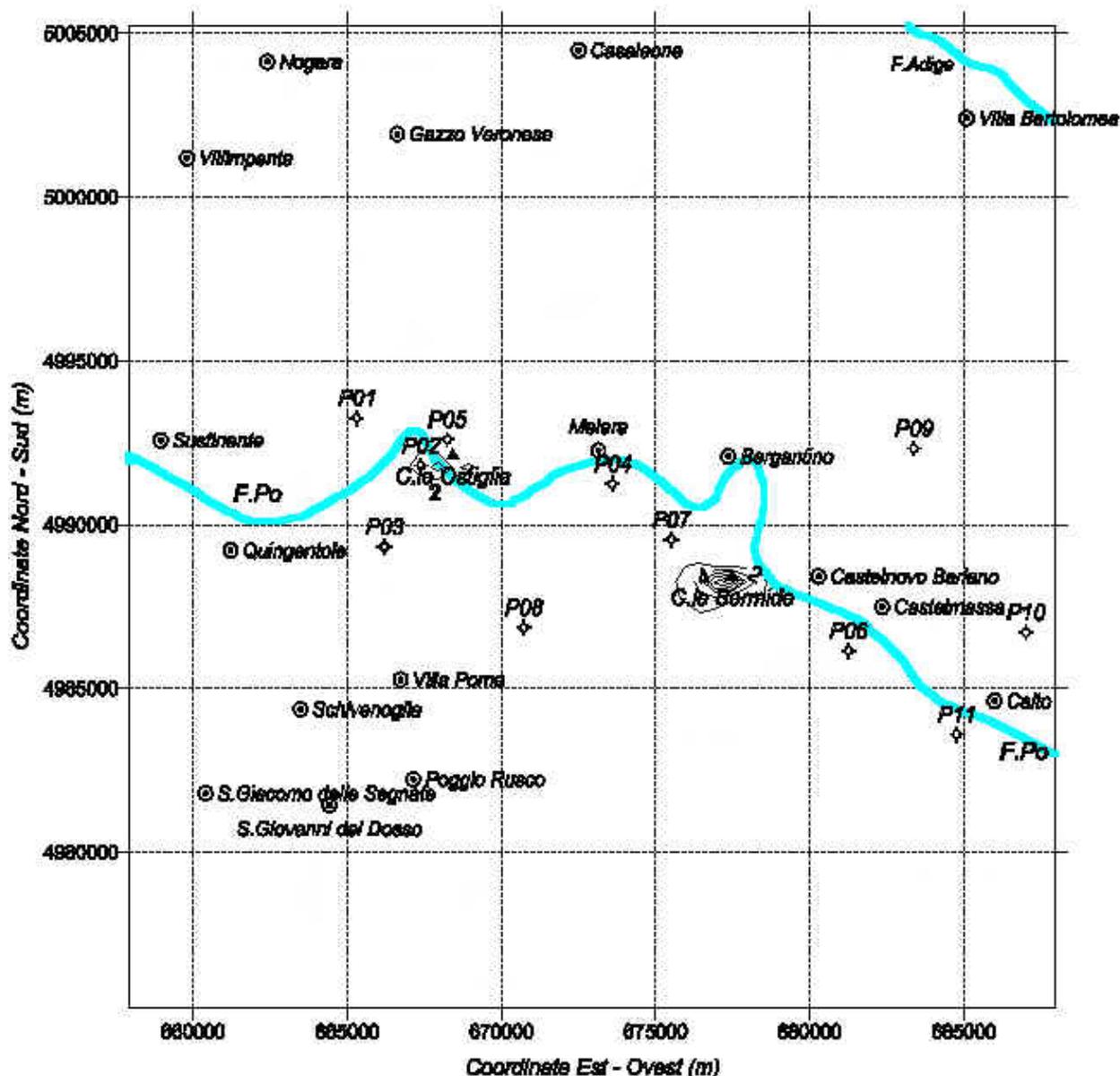


Figura 3/18 Deposizioni di Nichel – Valori in mg/m<sup>2</sup>/anno

fattori moltiplicativi					
Metallo		Metallo		Metallo	
As	0.050	Mn	0.118	Sb	0.011
Be	0.021	Ni tot	1.000	Se	0.091
Cd	0.005	Pb	0.095	Sn	0.028
Co	0.125	Pd	0.009	Te	0.006
Cr	0.089	Pt	0.004	Tl	0.010
Cu	0.162	Rh	0.004	V	0.225
Hg	0.020				

Tabella 3/10 Fattori moltiplicativi da applicare ai valori delle curve delle mappe relative al nichel, per ottenere i valori corrispondenti del composto di interesse

### 3.7 APPROFONDIMENTO CON CODICE SPRAY

Tra le giornate caratterizzate da calma di vento con forte variabilità della direzione di provenienza, ne sono state selezionate due, una nel periodo invernale, l'altra in quello estivo, che sono state oggetto di approfondimento mediante simulazioni con il codice lagrangiano a particelle SPRAY.

Il campo di vento, necessario per muovere le particelle, è stato creato dal preprocessore meteorologico Minerve in grado di estendere, effettuando delle opportune interpolazioni, su un dominio spaziale tridimensionale dati puntuali di direzione e velocità del vento, misurati da una stazione al suolo, o dati di profilo, misurati o derivanti da un modello meteorologico di analisi. Nell'effettuare questa operazione sono stati forniti in input a Minerve i dati degli anemometri al suolo e a 120 m presenti presso la centrale, i dati di profilo del modello di analisi del Centro Europeo di Reading. A titolo esemplificativo, di seguito sono presentati i campi di vento a 10 m di altezza ricostruiti dal codice Minerve alle ore 07 del 21 Gennaio ed alle ore 16 del 29 Giugno (Figg. 3/19÷20).

Le simulazioni sono state condotte dal codice SPRAY, utilizzando i campi di vento prodotti a cadenza oraria dal codice Minerve su un dominio di 30 x 30 Km<sup>2</sup>. Le concentrazioni medie orarie di SO<sub>2</sub>, particolato e NO<sub>x</sub> al suolo sono state calcolate ogni ora su tutto il dominio, con una risoluzione orizzontale di 500 x 500 m<sup>2</sup> e di 40 m in verticale in prossimità del suolo. Tutto il particolato emesso è stato considerato come particolato fine, cioè di diametro inferiore a 10 µm. Le simulazioni hanno considerato la configurazione emissiva indicata nei paragrafi precedenti, comprendente, oltre alla centrale di Ostiglia, anche quella di Sermide. Di seguito sono presentati gli andamenti temporali dei massimi di concentrazione al suolo, calcolati all'interno del dominio, per i due periodi considerati (Figg. 3/21÷23).

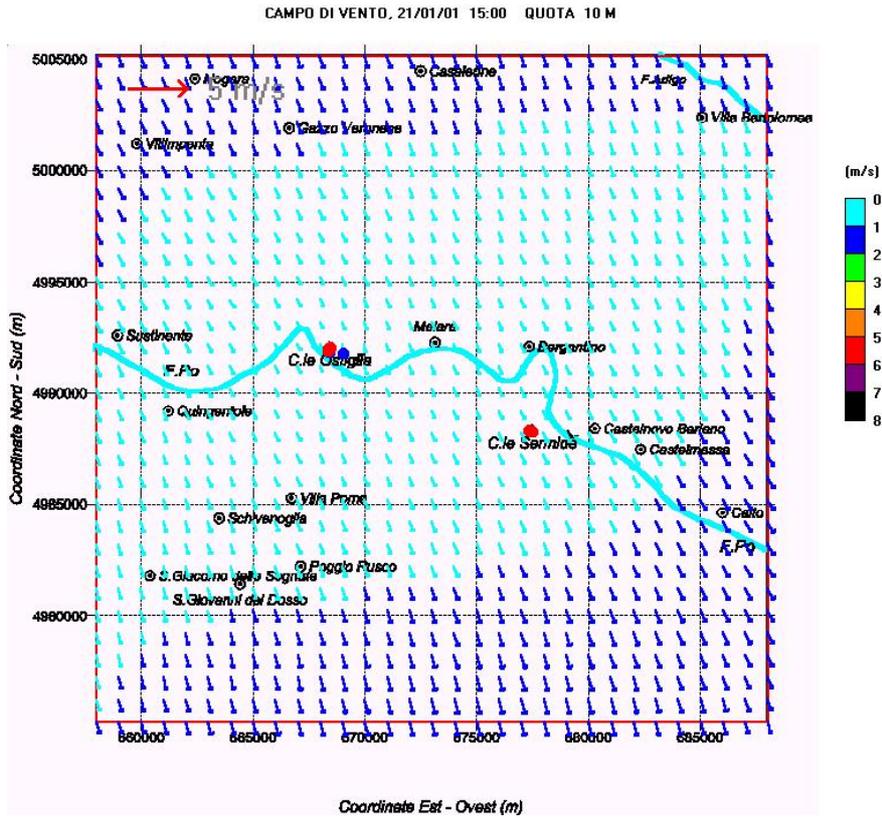


Figura 3/19 Campo di vento a 10 m di altezza ricostruito dal codice Minerve partendo dai dati misurati alle ore 15 del 21 Gennaio 2001

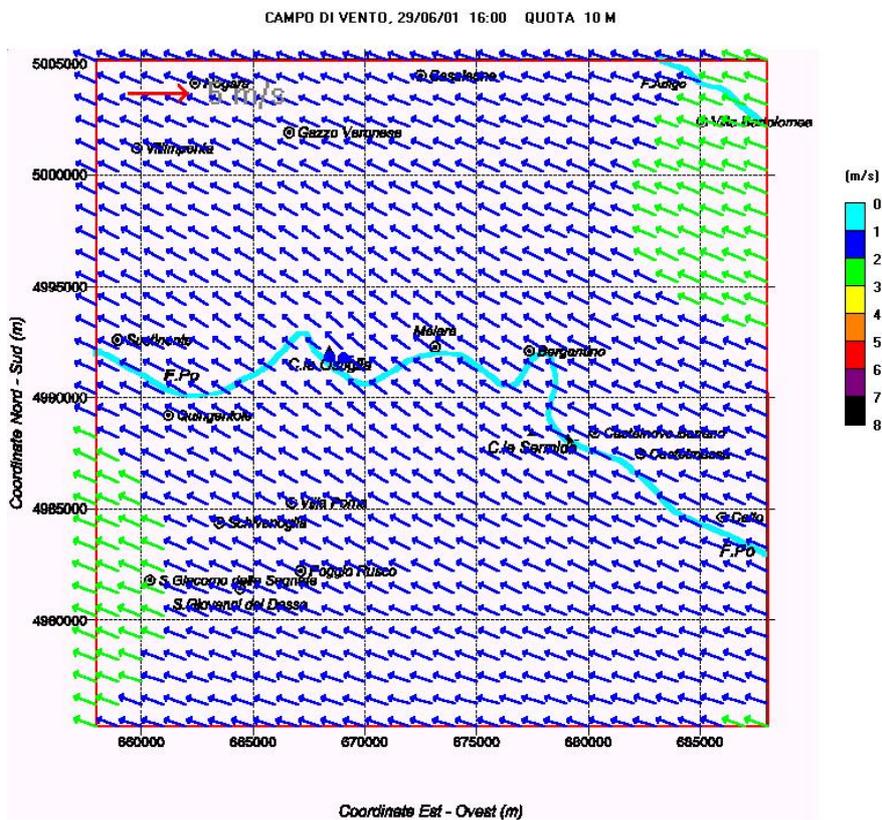


Figura 3/20 Campo di vento a 10 m di altezza ricostruito dal codice Minerve partendo dai dati misurati alle ore 16 del 29 Giugno 2001

## SO<sub>2</sub>

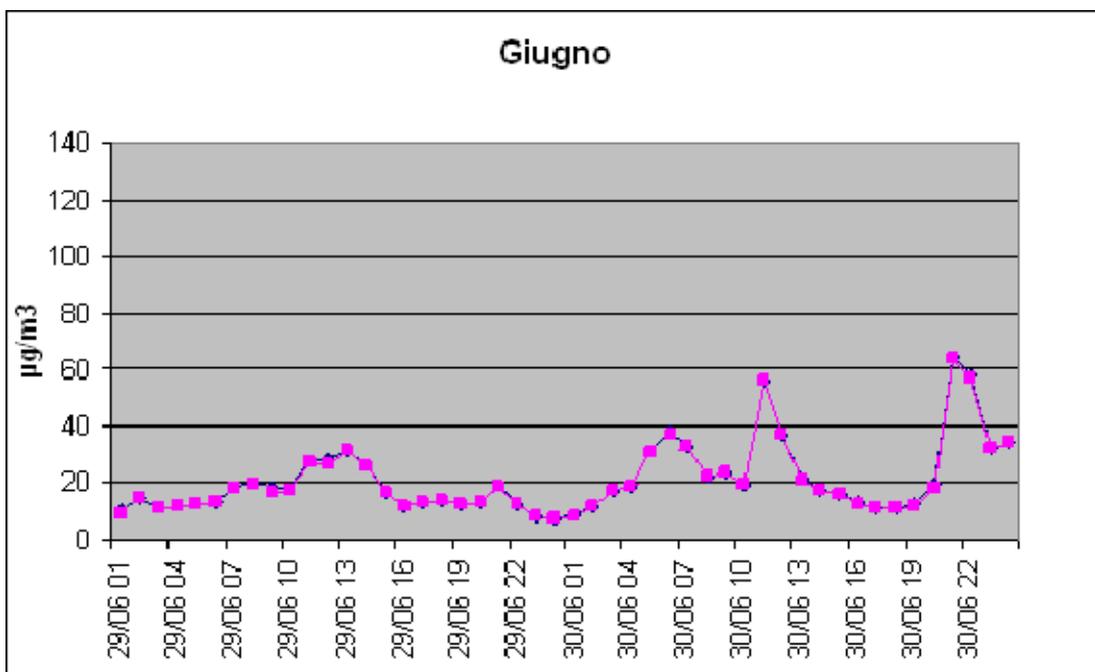
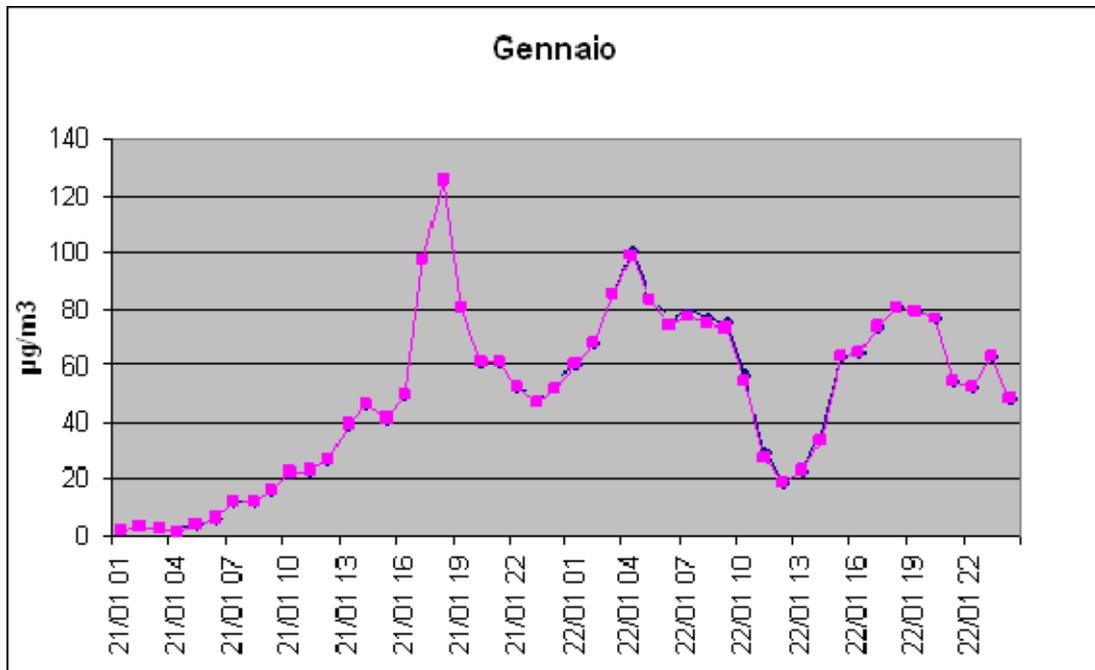


Figura 3/21 Valori massimi, calcolati ad ogni ora nel dominio, di concentrazioni al suolo di SO<sub>2</sub> espressi in µg/m<sup>3</sup> per il periodo invernale ed estivo

## PM<sub>10</sub>

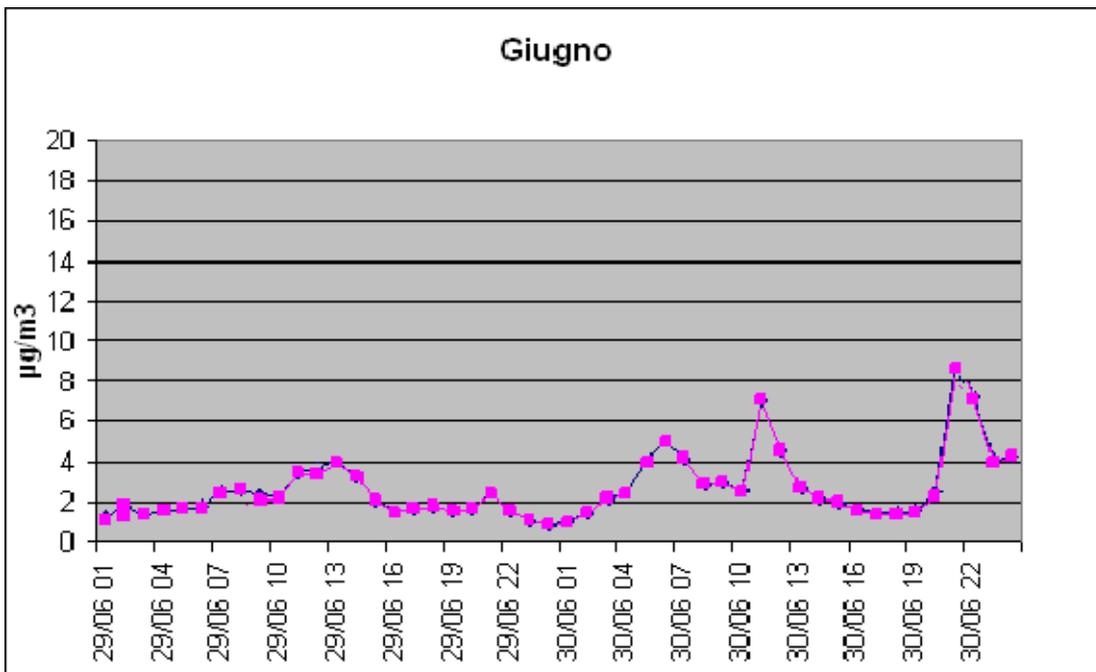
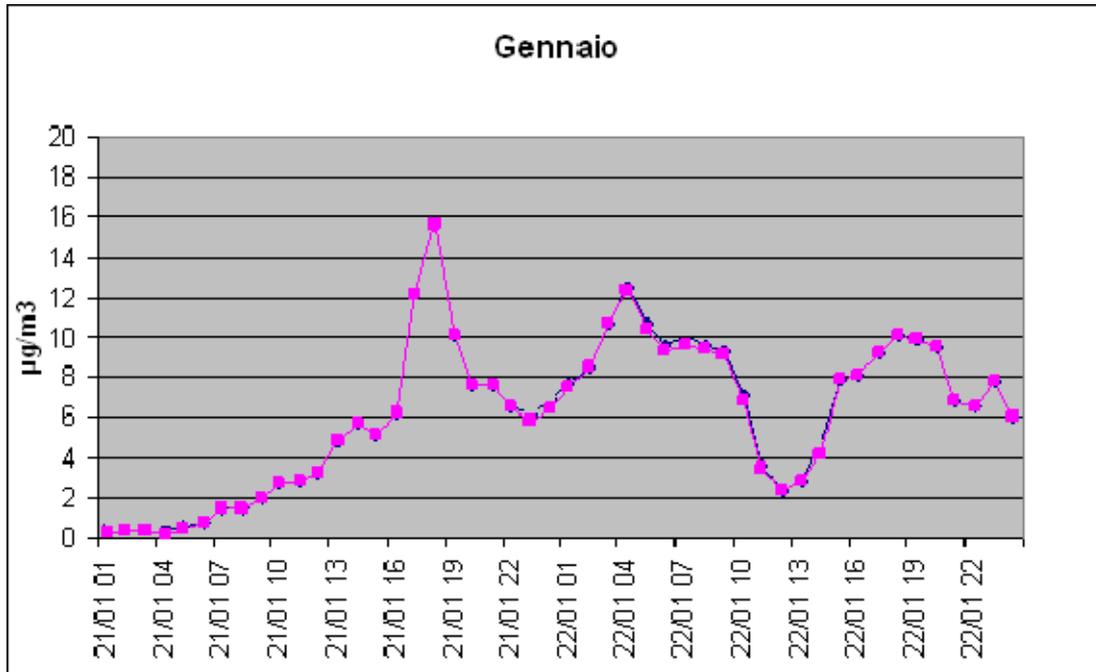


Figura 3/22 Valori massimi, calcolati ad ogni ora nel dominio, di concentrazioni al suolo di PM<sub>10</sub> espressi in µg/m<sup>3</sup> per il periodo invernale ed estivo

## NO<sub>x</sub>

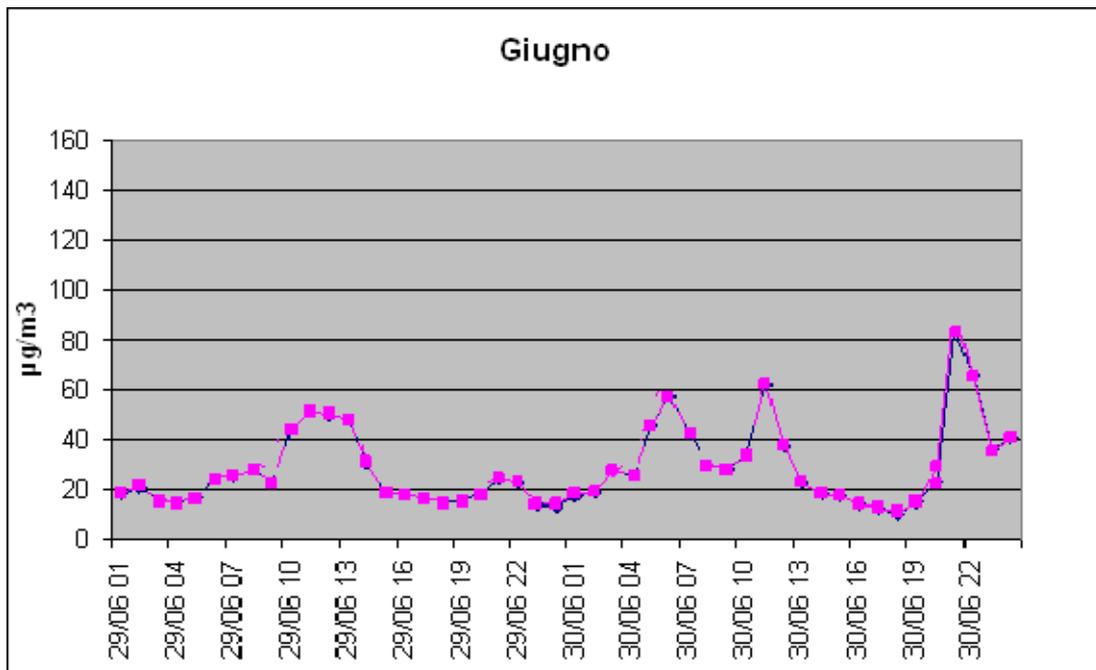
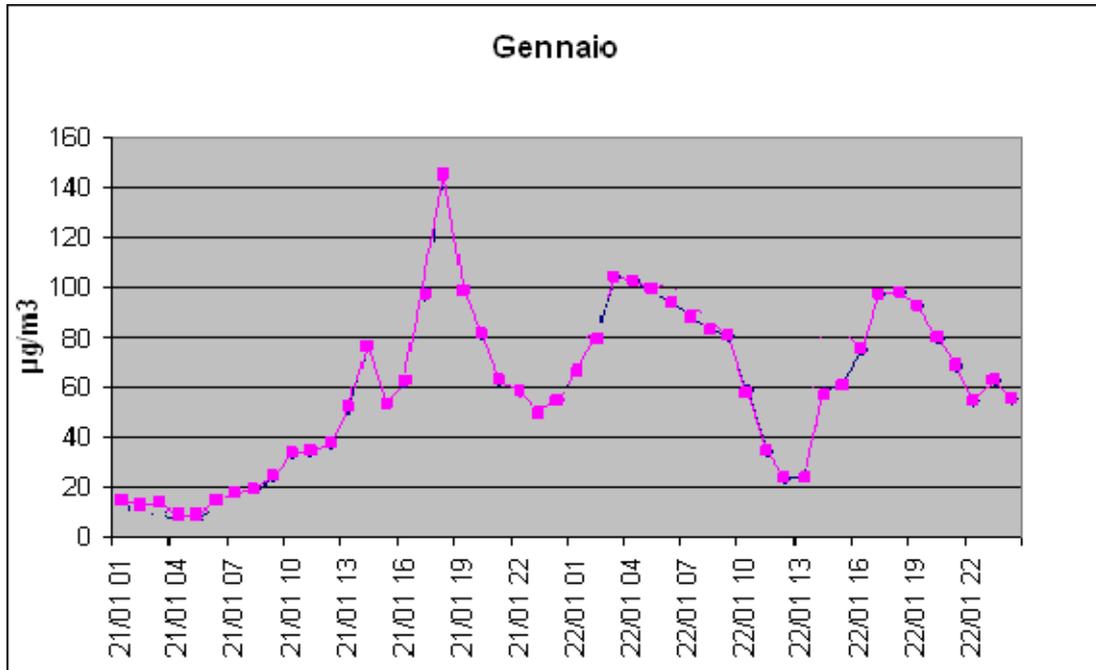


Figura 3/23 Valori massimi, calcolati ad ogni ora nel dominio, di concentrazioni al suolo di NO<sub>x</sub> espressi in µg/m<sup>3</sup> per il periodo invernale (sopra) ed estivo (sotto)

## SO<sub>2</sub>

Nelle tre immagini successive (Figg. 3/24, 3/25, 3/26) è presentata la sequenza dei campi di concentrazione al suolo di SO<sub>2</sub> nella configurazione attuale che porta alla formazione del massimo assoluto del periodo invernale di 125 µg/m<sup>3</sup> alle ore 18 del 21





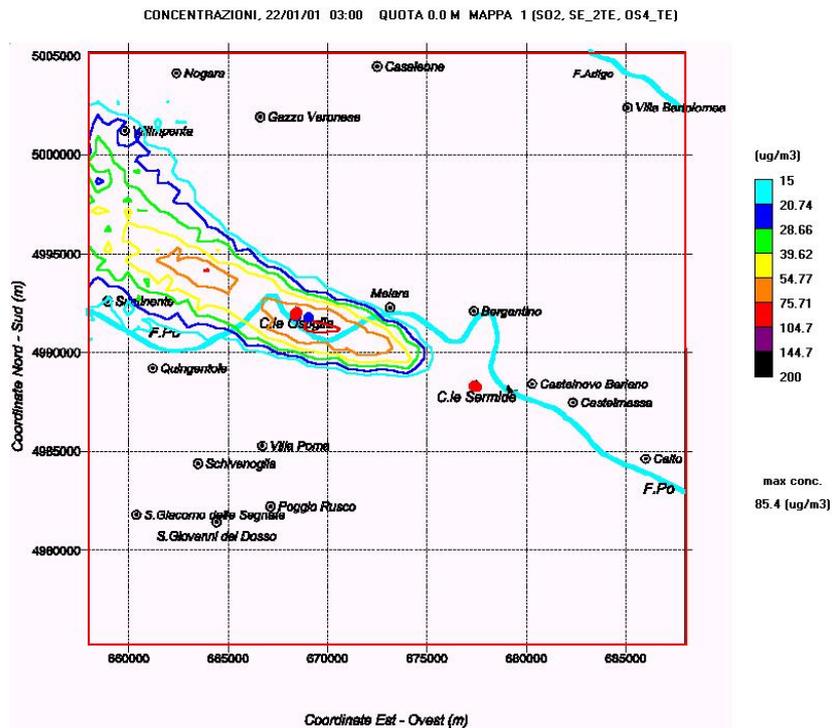


Figura 3/27 Concentrazioni medie orarie al suolo di SO<sub>2</sub> alle ore 3 del 22 Gennaio

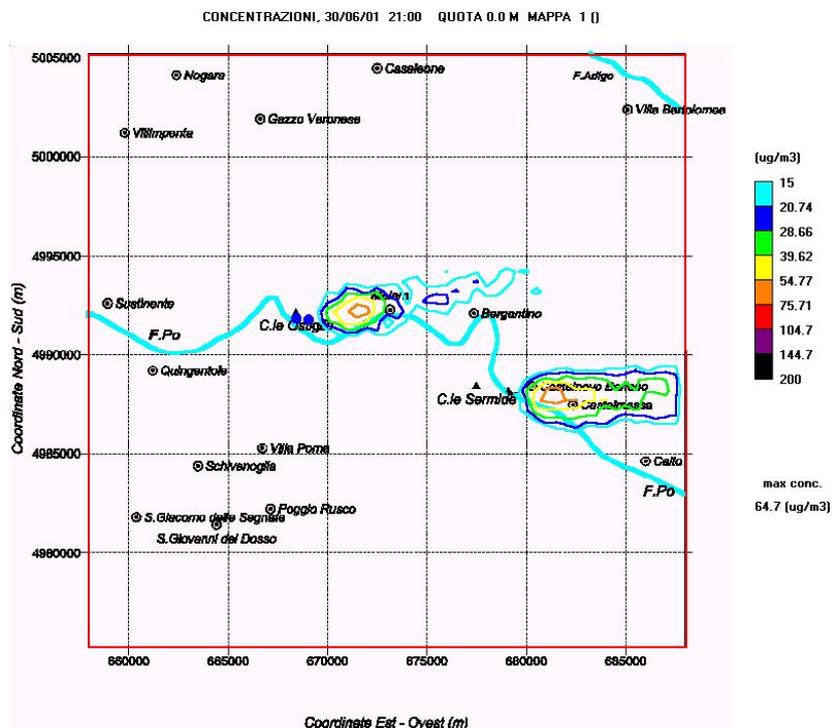


Figura 3/28 Concentrazioni medie orarie al suolo di SO<sub>2</sub> alle ore 21 del 30 Giugno

PM<sub>10</sub>

Le mappe di ricaduta che riguardano il PM<sub>10</sub> sono sostanzialmente identiche a quelle presentate per l'SO<sub>2</sub> e per esse valgono le stesse considerazioni sopra espresse, tenendo comunque conto di una notevole riduzione dell'entità dei valori massimi.

NO<sub>x</sub>

Le scadenze delle ore 14 e 18 del 21 Gennaio e delle ore 11 del 29 Giugno e 21 del 30 Giugno sono rispettivamente riportate nelle figure 3/29, 3/30, 3/31 e 3/32.

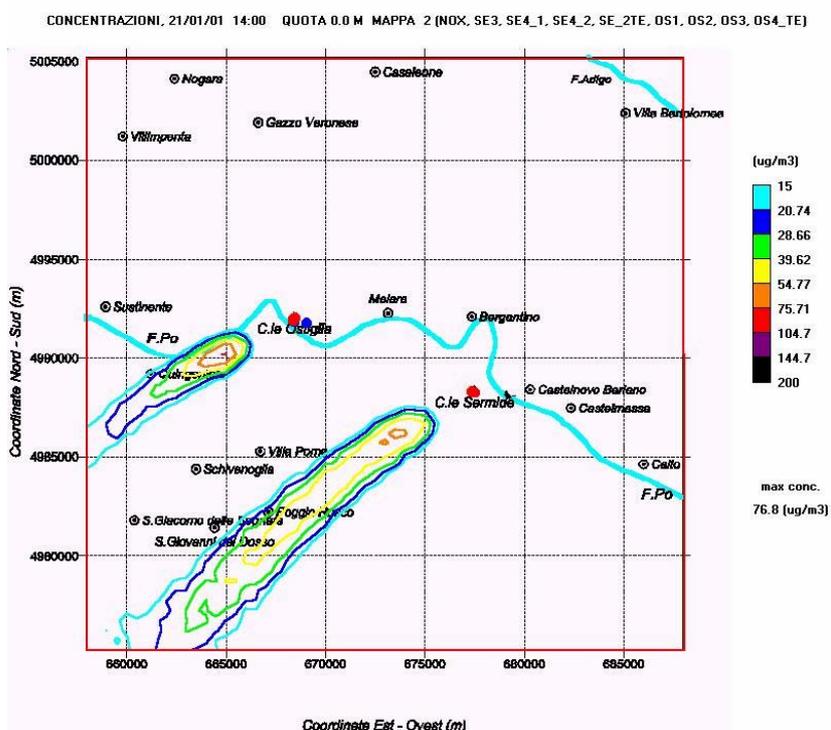


Figura 3/29 Concentrazioni medie orarie al suolo di NO<sub>x</sub> alle ore 14 del 21 Gennaio. Il valore massimo è dovuto alle emissioni di Ostiglia ed è di 76 µg/m<sup>3</sup>

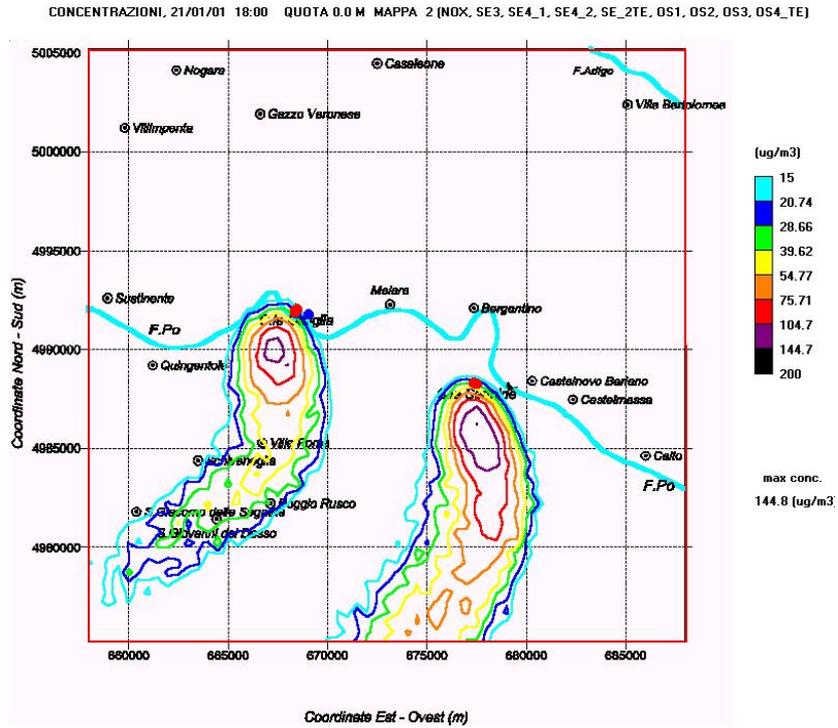


Figura 3/30 Concentrazioni medie orarie al suolo di NO<sub>x</sub> alle ore 18 del 21 Gennaio. Il valore massimo è dovuto alle emissioni di Sermide ed è di 144 µg/m<sup>3</sup>

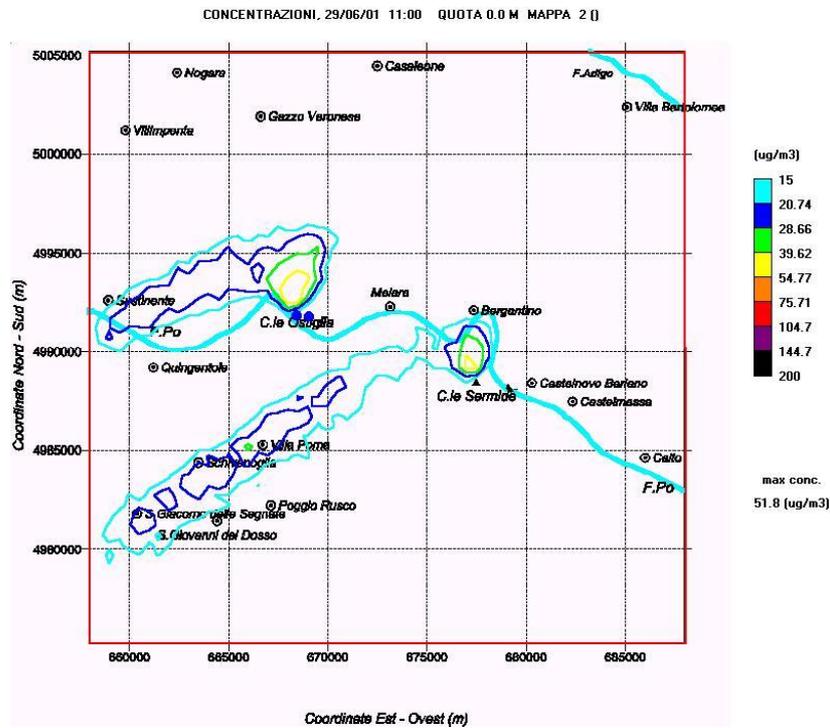


Figura 3/31 Concentrazioni medie orarie al suolo di NO<sub>x</sub> alle ore 11 del 29 Giugno. Il valore massimo è dovuto alle emissioni di Ostiglia ed è di 51 µg/m<sup>3</sup>

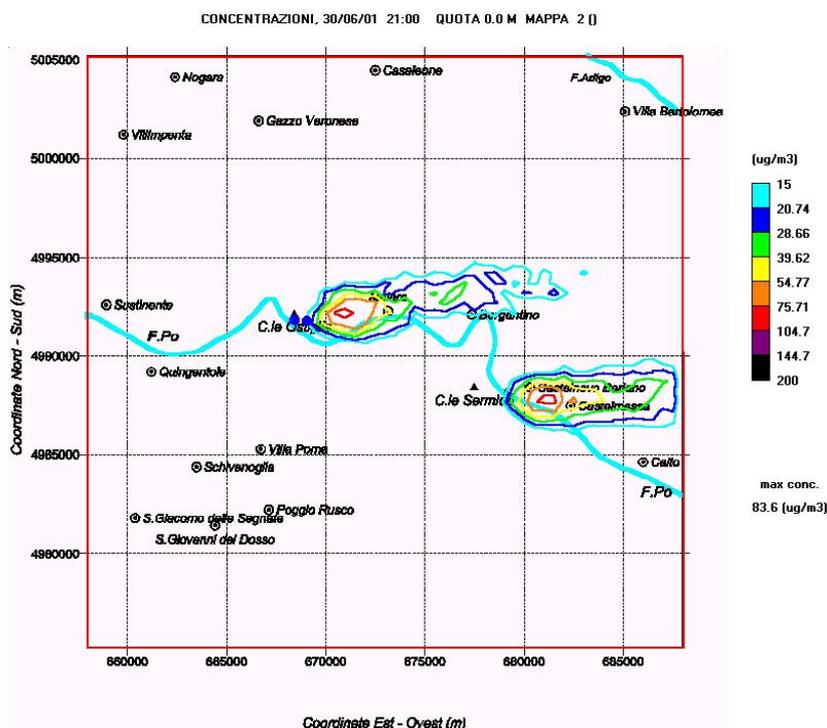


Figura 3/32 Concentrazioni medie orarie al suolo di NO<sub>x</sub> alle ore 21 del 30 Giugno. Il valore massimo è dovuto alle emissioni di Ostiglia ed è di 83 µg/m<sup>3</sup>

Nella tabella 3/11 si evidenzia che le concentrazioni massime medie orarie, calcolate nei due periodi presi in esame con SPRAY, non superano i limiti dei relativi parametri di legge.

<b>Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)</b>		<b>Limite</b>	<b>Attuale SPRAY</b>
Normativa	Parametro	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 24h/anno (percentile orario 99.7260)	350	
	Massima concentrazione media oraria		125
<b>Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)</b>		<b>Limite</b>	<b>Attuale SPRAY</b>
Normativa	Parametro	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 18h/anno (percentile orario 99.7945)	200	
	Massima concentrazione media oraria		144
<b>Particolato fine (PM<sub>10</sub>)</b>		<b>Limite</b>	<b>Attuale SPRAY</b>
Normativa	Parametro	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 7g/anno – Fase 2 (percentile giornaliero 98.0822)	50	
	Massima concentrazione media oraria		15

Tabella 3/11 Confronto tra le concentrazioni massime medie orarie calcolate da SPRAY e alcuni parametri di legge (D.M. 2 Apr 2002 n. 60)

#### 4 CONFRONTO CON SQA

Per ciascuna componente della matrice ambientale i criteri di soddisfazione sono generalmente due, uno relativo al controllo del livello totale di inquinamento e l'altro relativo al controllo degli incrementi di inquinamento dovuti alla proposta impiantistica.

In tale ambito sono definite le seguenti grandezze:

- SQA, lo standard di qualità ambientale, rappresentato dai limiti definiti nell'ambito della normativa vigente;
- $L_F$ , il livello di inquinamento finale, rappresentato dalla sovrapposizione del contributo dell'impianto al livello di inquinamento preesistente;
- $C_A$ , il contributo aggiuntivo all'inquinamento dovuto all'impianto.

I criteri di soddisfazione sono i seguenti:

$$L_F < SQA \quad (1)$$

(per il controllo del livello di inquinamento complessivo nell'area)

$$C_A \ll SQA \quad (2)$$

(per il controllo degli incrementi di inquinamento nell'area)

La verifica della (1) è confermata dall'analisi relativa ai dati di qualità dell'aria svolta nel paragrafo 0. Per quanto riguarda la (2), la successiva tabella 4/1 riassume i contributi massimi corrispondenti alla centrale di Ostiglia nella configurazione di riferimento (compreso il contributo della centrale di Sermide) per i diversi indici statistici definiti dalla normativa vigente (DPR 203/88 e DM 60 del 2 aprile 2002).

Dall'esame della tabella si deduce che la proposta impiantistica risulta pienamente soddisfacente sia dal punti di vista del livello di inquinamento finale che da quello dell'entità del proprio contributo all'inquinamento atmosferico dell'area circostante.

<b>Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)</b>		<b>Limite</b>	<b>Attuale</b>
Normativa	Parametro	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )
valore limite 203/88	50 percentile giornaliero	80	0.42
valore limite 203/88	98 percentile giornaliero	250	9.50
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Media annuale (Protezione ecosistemi)	20	1.26
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 3g/anno (percentile giornaliero 99.1781)	125	10.60
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 24h/anno (percentile orario 99.7260)	350	40.00
<b>Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)</b>		<b>Limite</b>	<b>Attuale</b>
Normativa	Parametro	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )
valori guida 203/88	50 percentile orario	50	-
valore limite 203/88	98 percentile orario	200	24.00
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Media annuale	40	1.29
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 18h/anno (percentile orario 99.7945)	200	43.00
<b>Ossidi di azoto totali (NO<sub>x</sub>)</b>			
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Media annuale (Protezione vegetazione)	30	1.73
<b>Particolato fine (PM<sub>10</sub>)</b>		<b>Limite</b>	<b>Attuale</b>
Normativa	Parametro	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Media annuale - Fase1	40	0.158
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Media annuale - Fase2	20	0.158
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 35g/anno – Fase 1 (percentile giornaliero 90.4110)	50	0.59
D.M. 2 Apr 2002 n.60	Concentrazione superata per 7g/anno – Fase 2 (percentile giornaliero 98.0822)	50	1.19
<b>Particolato Totale Sospeso (PTS)</b>			
Valore limite 203/88	95 percentile giornaliero	300	0.87

Tabella 4/1 Contributi massimi per i diversi indici statistici definiti dalla normativa vigente (DPR 203/88 e DM 60 del 2 aprile 2002)

## 5 CONCLUSIONI

Nel presente documento sono stati esaminati gli effetti dell'esercizio della centrale Termoelettrica ENDESA di Ostiglia sulla componente "Atmosfera", con il supporto di modelli di calcolo della dispersione degli inquinanti.

Dopo aver definito l'area di indagine, ne sono state evidenziate le principali caratteristiche (uso del territorio, orografia, presenza di centri abitati, infrastrutture, ecc.) ed è stato esaminato lo stato della qualità dell'aria in base alle informazioni disponibili, anche in relazione al quadro normativo vigente.

L'applicazione di modelli matematici, preceduta dall'analisi dei dati di input (dominio di calcolo, caratteristiche delle sorgenti, condizioni meteorologiche, ecc.), ha consentito di valutare i valori medi orari delle concentrazioni al suolo, riferiti ad un anno tipico, in tutta l'area di studio (costituita da un dominio di dimensioni 30 x 30 km<sup>2</sup>). Le simulazioni di tipo climatologico (ovvero tutte quelle necessarie per la stima delle concentrazioni medie annue o degli altri parametri statistici) sono state effettuate con il codice ISC3, predisposto e raccomandato dalla US-EPA. I valori massimi delle medie annue calcolate dal modello, che considera gli impianti nella configurazione non completamente corrispondente alla situazione odierna ma cautelativa (funzionamento unità SE1 e SE2 della centrale Edipower allo stato attuale non definito), risultano essere pari a 1.26, 1.29 e 0.16 µg/m<sup>3</sup> rispettivamente per SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e polveri, ben al di sotto dei corrispondenti limiti di legge.

Inoltre sempre in riferimento allo scenario sopracitato, con l'ausilio del modello lagrangiano a particelle SPRAY, sono state esaminate alcune situazioni meteorologiche critiche, nelle quali il modello ISC3 può presentare dei limiti di applicabilità. Il confronto delle concentrazioni massime medie orarie calcolate con i relativi limiti dei parametri di legge non evidenzia alcun superamento.

In conclusione i limiti di legge risultano rispettati con ampio margine, senza necessità di interventi di mitigazione. Inoltre, in base al confronto con gli SQA opportunamente individuati, l'impianto è risultato pienamente soddisfacente sia dal punto di vista del livello di inquinamento finale che da quello dell'entità del proprio contributo all'inquinamento atmosferico dell'area circostante.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- [1]. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Le reti di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia, Documento RTI CTN\_ACE 3/2000, 2000.
- [2]. ENDESA ITALIA, Centrale Termoelettrica di Ostiglia, Dichiarazione Ambientale anno 2004
- [3]. EDIPOWER, Centrale Termoelettrica di Sermide, Dichiarazione Ambientale anno 2006
- [4]. EPA, Appendix W to PART 51 – Guideline on Air Quality Model, 1999
- [5]. Istituto Superiore di Sanità (1990): "Modelli per la progettazione e valutazione di una rete di rilevamento per il controllo della qualità dell'aria", Rapporto ISTISAN 90/32, ISSN-0391-1675)
- [6]. ANPA, I modelli nella valutazione della qualità dell'aria, Documento RTI CTN\_ACE 2/2000
- [7]. Briggs, G.A. (1969): "Plume Rise, USAEC Critical Review Series", TID-25075, National Technical Information Service, Springfield, Virginia 22161.
- [8]. Briggs, G.A., (1974): "Diffusion Estimation for Small Emissions". In ERL, ARL USAEC Report ATDL-106. U.S. Atomic Energy Commission, Oak Ridge, Tennessee.
- [9]. Briggs, G.A., (1975): "Plume Rise Predications". In Lectures on Air Pollution and Environmental Impact Analysis, American Meteorological Society, Boston, Massachusetts.
- [10]. U.S. - EPA, (1995): "User's Guide for the Industrial source Complex (ISC3) Dispersion Models", Volumes 1 and 2 - EPA-454/B-95-003a & b

- [11]. Aria Technologies, Note du Principe du Modèle MINERVE 4.0, Rapport ARIA Technologies 95.008, 1995
- [12]. Tinarelli G., Brusasca G., Morselli M.G. (1994b), Il modello lagrangiano a particelle SPRAY. Descrizione generale e validazioni, Rapporto ENEL - E1/94/10/MI
- [13]. Tinarelli G., SPRAY 3.0, General description and User's Guide", Rapporto Arianet R2001.08, 2001
- [14]. Stevens C.S (1987), Atmosphere Environmental Vol. 21, n. 4, pp. 799÷805, 1987
- [15]. D.D.Parrish et al., Atmosphere Environmental Vol 17, n. 7, pp. 1365÷1379, 1983
- [16]. Scire J.S. et al., Model formulation and user's guide for the CALPUFF dispersion model, Sigma Reseaech Corp., Concord MA., 1990